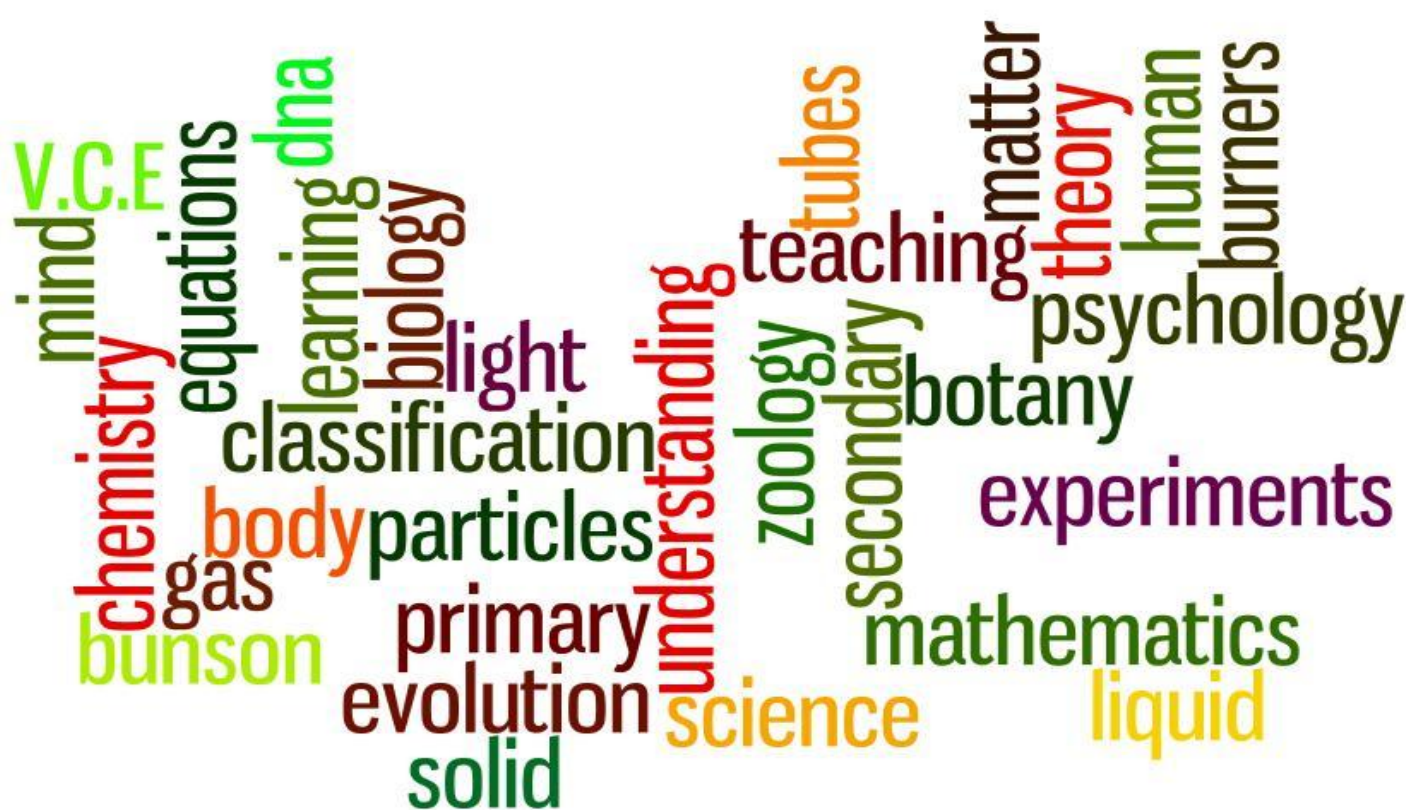


17/6/2015

TRABAJO FIN DE MÁSTER

EL PROCESO INVESTIGATIVO COMO MÉTODO DE APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO: COHERENCIA Y ADECUACIÓN DE LA PROPUESTA EN EL AULA DE SECUNDARIA.



Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria.
Universidad Pública de Navarra.

Autor: Gonzalo Fernández García.

Tutores: José F. Morán Juez y Raquel Esteban Terradillos.

A los alumnos y profesores que me han “sufrido”

haciendo de mi equivocación, mi vocación.

A Tiscar Markey por demostrarme, una vez más,

que la paciencia es la madre de la ciencia.

ÍNDICE

	Página
1. Marco teórico.	1
Bloque I – El proceso investigativo como herramienta en la educación secundaria.	
1. Características del proceso investigativo: el método científico.	3
1.2. La investigación a través de las prácticas.	7
1.3. La teoría y las prácticas: esenciales en el proceso de aprendizaje.	8
1.4. ¿Qué beneficios plantea el proceso práctico?	11
1.4.1 Motivación	12
1.4.2 Aprendizaje significativo-duradero	13
1.4.3 Educación en valores.	16
1.4.4 Desarrollo de las competencias.	17
1.4.5 Transversalidad.	19
2. ¿Es coherente el cambio de un modelo teórico a uno práctico en los centros de secundaria?	20
2.1 Tiempo de docencia.	21
2.2 Inversión económica.	23
2.3 Nivel psicológico-cognitivo.	24
2.4 Currículum.	25
2.5 Formación del profesorado.	27
3. Alternativas al proceso práctico.	31
Bloque II – Caso práctico: Estudio de invertebrados a través del método científico	
1. Objetivos, procedimiento y contextualización de la propuesta.	32
2. Resultados.	37
3. Conclusiones.	52
Bibliografía.	53
Anexos.	60

1. Marco teórico.

El panorama actual de la educación española y, en especial en las ciencias, está lejos de llegar al nivel de otros países europeos. Una muestra de ello son los últimos resultados del informe del Programa Internacional para la Evaluación de los Estudiantes (PISA) en relación a la competencia científica, que sitúan a España en los últimos puestos de todos los pertenecientes a la Unión Europea, encontrándose solo por delante de Luxemburgo, Grecia, Bulgaria y Rumanía y, muy por debajo de la media (Objetivos Educativos Europeos y Españoles; Estrategia Educación y Formación, 2020; informe español 2013)

Creemos que en parte, esto puede deberse a un fallo en la contextualización de las ciencias en Secundaria que podría subsanarse redirigiendo la meta, el método y el campo de aplicaciones hacia y desde los estudiantes, conectando con los valores del alumnado y con el objetivo de la escuela que, tal como afirman Sanmartí e Izquierdo debe ser *promover la construcción de conocimientos y hacerlos evolucionar* (Sanmartí y Izquierdo, 1997), o en otras palabras, entender la ciencia como el avance del conocimiento guiado por criterios racionales.

Si las ciencias son el resultado de una actividad humana compleja, su enseñanza no puede serlo menos y, para ello, se necesita de una metodología que se aleje de convencionalismos como el aprendizaje teórico-memorístico y apunte en otra dirección: no intentar describir el mundo, sino transformarlo para mejorar la comprensión del conocimiento (Estany e Izquierdo, 2001). Esta revolución educativa solo puede llegar por medio de una revolución didáctica: **el aprendizaje práctico e investigativo.**

Hemos definido este cambio como “revolución” ya que es un cambio sustancial en la concepción de la ciencia, que pasará de interpretarse como un método para obtener un producto conceptual (Pickering, 1992) a un método con valor procedimental añadido. Consideramos así, que valorar el proceso práctico es un hecho clave para dilucidar la problemática actual sobre las ciencias tanto en el panorama educativo español como fuera de él ya que, tal como recogen varios estudios de psicología evolucionista “la capacidad de pensar en heurística es un resultado de la evolución humana” (Barkow, Cosmides y Tooby, 1992; Carruthers y Camberian, 2000), aunque estos estudios no son aislados. A finales del siglo XIX, Inglaterra y EEUU ya constataban esta importancia incorporando el proceso práctico implícitamente en el Currículum oficial (Gee y Clackson, 1992; Layton, 1990; Lock, 1988).

Si las ciencias se encuentran en crisis en España, las prácticas en ciencias mucho más puesto que no se hacen (Nieda, 1994) o, si se hacen, se le otorga una condición subsidiaria a la teoría, sirviendo, únicamente para avalar un modelo teórico (Artigas, 1989) lo cual es un error grave.

Analizaremos, de esta forma, la metodología práctica-investigativa para conocer sus beneficios para, posteriormente, realizar una reflexión de la viabilidad, coherencia y adecuación del proceso práctico en los Institutos de Secundaria atendiendo a factores como (i) el tiempo que requiere, (ii) la inversión económica necesaria, (iii) el nivel en el que se puede impartir, (iv) los contenidos curriculares que se les puede asociar y (v) la formación que requiere del profesorado. Finalmente, se contrastarán estos resultados teóricos con los resultados prácticos obtenidos en un centro de la comunidad navarra, para contrastar las hipótesis y dilucidar una respuesta a todas las dudas que atañen al proceso práctico.

No hay la necesidad de decir que, los resultados del trabajo práctico presente en este texto, están basados en un tamaño muestral y un contexto determinado, asociado al Centro en cuestión, por lo que, para reafirmar este trabajo, habría que extrapolar estos resultados a otros Centros para aumentar el número de individuos y contextos y, de esta manera, construir una base sólida para la formulación de futuras hipótesis. Sin embargo, y a pesar de ello, se tomarán estos resultados como válidos ya que se han tomado en cuenta esas variables para la realización de la conclusión final.

Bloque I – El proceso investigativo como herramienta en la educación secundaria.

1. Características del proceso investigativo: el método científico.

El proceso investigativo no es nada nuevo, de hecho, es tan antiguo como nuestra propia conciencia. En cuanto el ser humano y sus predecesores homínidos desarrollaron inteligencia, se iniciaron las primeras investigaciones basadas en la observación y el planteamiento de hipótesis que, a pesar de ser seguramente muy rudimentarias, determinó nuestra supervivencia como especie y por lo tanto el éxito evolutivo.

Remontándonos adelante en el tiempo, en la antigua Grecia, encontramos la cuna del método científico y por lo tanto, del nacimiento de la ciencia como sistematización y caracterización de las observaciones formada por resultados experimentales (Ordoñez y Ferreirós, 2002). De esta forma, científicos como Galileo (1564-1642), Da Vinci (1452-1519) o Copérnico (1473-1543), entre otros, fueron los primeros en sistematizar este método en respuesta a otros anteriores como Platón (427 a.C.–347 a.C.) o Aristóteles (384 a.C.–322 a.C.) ya advirtieron de la necesidad de establecer un método estandarizado. Se sitúa así el nacimiento del método científico en el siglo XV.

Desde su nacimiento, el método científico ha supuesto para la humanidad una cualidad innata que ha promovido su desarrollo como especie y su supervivencia ante los nuevos retos de un entorno cambiante.

El método científico consta de los siguientes pasos:

-1º Observación de la realidad: se destaca un acontecimiento al que se le quiere encontrar una explicación o comprender su funcionamiento.

-2º Formulación de la hipótesis: se trata de utilizar un razonamiento lógico para buscar una explicación a lo observado.

-3º Experimentación: se trata de comprobar la hipótesis alterando las variables.

-4º Conclusiones: tras la experimentación se obtiene una explicación o un modelo teórico

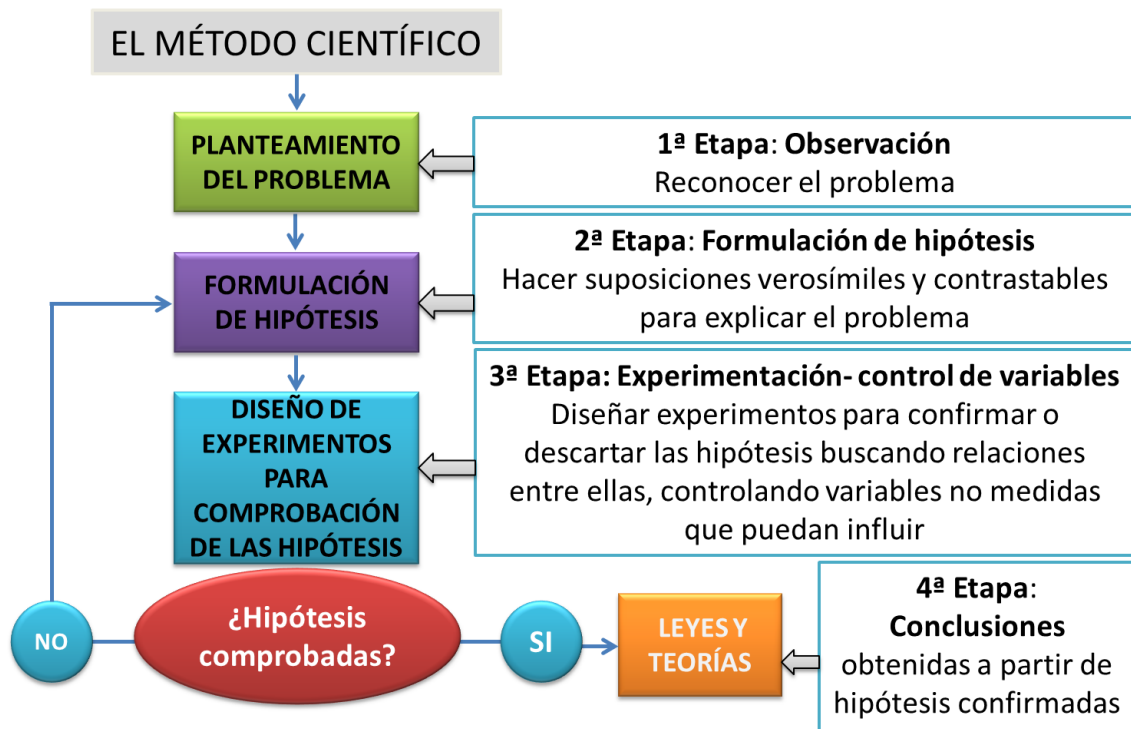


Figura I -Esquema del método científico. Fuente: lomaravillosodelaquimica.blogspot.com

Esta ciencia, así como el método científico, está enmarcada en un contexto específico que puede ser dificultoso de extrapolar a una realidad escolar. De este modo, la ciencia escolar goza de unas características propias que han sido objeto de gran cantidad de investigaciones y debates sobre didáctica y filosofía de la ciencia sobre cómo deben usarse las investigaciones en secundaria: ¿Deben considerarse como instrumento verificador de teoría o como una herramienta para descubrirla?

A los defensores de las prácticas como instrumentos verificadores de teoría encontramos a los llamados empiristas lógicos, y consideran que las teorías proceden por inducción a partir de los experimentos y que, por lo tanto, quedan demostradas por ellos. En el lado opuesto, los que consideran a las prácticas como una herramienta constructora de teoría, son los denominados racionalistas, y apoyan la idea de que todo experimento se diseña y se realiza en un determinado marco teórico, del cual se deduce el resultado experimental (Izquierdo et al., 1999).

Este eterno debate de cómo interpretar las prácticas en secundaria, es partícipe de la situación actual de desconcierto; tanto es así que ha sido el centro de atención de un gran número de publicaciones que manifiestan

críticas a las prácticas escolares y en los cuales se proponen alternativas en cuanto al enfoque, el método y el contenido de las mismas (Hodson, 1985, 1992, 1994; Woodbourgh, 1992; Osborne, 1993).

Una de las críticas más duras al método científico como proceso “relativamente independiente” a la teoría, es la realizada por Khun y que es recogida por Rouse en siete puntos (Martinez & Huang, 2008; pp 29-32).

1º. La ciencia requiere siempre de presupuestos teóricos que no pueden ser justificados de manera independiente.

2º. No existen observaciones neutrales con respecto a las teorías.

3º Tanto las teorías como las observaciones se modifican radicalmente de manera que el conocimiento científico no es acumulativo.

4º. El lenguaje de las teorías científicas no es preciso.

5º. Los significados de los conceptos científicos no se determinan mediante sus correspondencias con los datos observacionales, sino por lo menos parcialmente con el lugar que ocupan en estructuras teóricas.

6º. Las teorías científicas no se prueban directamente a partir de evidencia empírica, sino su evaluación es el resultado de una comparación con teorías rivales.

7º. No existe una distinción entre el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación, en el sentido de que un aspecto importante de la justificación de teorías reside en su capacidad de conducir a nuevos descubrimientos, y que un aspecto importante del descubrimiento es la justificación de las alternativas.

El problema base de la ciencia escolar, bajo nuestro punto de vista, es que se enseña desde un enfoque inductivo; es decir, se interpreta literalmente el método científico como un proceso con una serie de pasos consecutivos y característicos, tal como afirma Khun (Cawthron y Rowell, 1978). De este modo se prioriza y enfatiza la ciencia como resultado teórico en lugar de la ciencia como proceso, al hacer hincapié en el objetivo implícito de la ciencia (obtener resultados y teorías) en lugar del explícito (el desarrollo personal y social del proceso científico).

Esta prioridad que se le otorga a los resultados sobre el proceso es un error grave, puesto que el proceso tiene tanto o más valor que el resultado. Tanto es así que si prestamos un poco de atención a la historia de la ciencia,

seremos conscientes de que los modelos teóricos cambian, pero no de manera acumulativa sino a través de cambios de enfoque, que pueden relacionarse con cambios en el modelo (Kuhn, 1971). Un ejemplo de ello, tal como apuntan Giere (1988) y Toulmin (1979), es como ha variado la teoría de la evolución de las especies o el mismo concepto de helio y geocentrismo. De esta manera, *“las prácticas no tienen por qué verse como si fueran ‘transmitidas’; deben verse, más bien, como ‘construidas’ a partir de recursos disponibles para los agentes en una tradición”* (Martínez, 2003, p. 20).

La ciencia escolar, entendiéndose ciencia como proceso y no como resultado, presenta una serie de beneficios que no pueden pasar desapercibidos:

“Los «hechos del mundo» a conocer, que deben transformarse en hechos científicos en el marco de los modelos teóricos; los métodos (manipulaciones e instrumentos); el lenguaje y los signos en general, que deberán servir para la comunicación (y por ello deben generarse en el diálogo y la discusión) pero que también son normativos, según las reglas de las ciencias.” (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999).

Como se puede observar, la ciencia escolar como proceso de construcción de conocimiento es un instrumento que integra en su seno una serie de herramientas basadas en el hecho de realizar prácticas *per se*; de este modo, hay que diferenciar lo que es *aprender* ciencias de lo que es aprender *sobre* las ciencias y de aprender *a hacer* ciencia (Abrahams y Wandersee, 1995). Y determinar que los alumnos solo aprenderán a hacer ciencia practicándola (Barberá & Valdés, 1996; p. 374).

Otros autores como Pickering (1995) apoyan esta teoría y le dan valor al método científico a través de 3 elementos: el procedimiento material, el instrumental y el fenoménico:

-Procedimiento material: encierra un conocimiento práctico y manual por medio del cual se desarrollan diversas capacidades tanto motoras como teóricas en la aplicación y uso de la instrumentación.

-Procedimiento instrumental: supone disponer de los aparatos e instrumentos necesarios, verificar que funcionen y controlar su funcionamiento, todo lo cual encierra un conocimiento práctico (García & Estany, 2010, pp 7-24).

-Procedimiento fenoménico: consiste en la comprensión conceptual de los aspectos del mundo fenomenológico, que están siendo estudiados por parte del experimentador, y sin los cuales los resultados carecerían de sentido y significación, y no podrían ser interpretados (García & Estany, 2010, pp 7-24).

Estableciendo este punto de partida, se puede perder de vista la dificultad del método científico y olvidar su enfoque problematizador. No hay que olvidar que el método científico está basado en el ensayo y error y esto, por paradójico que pueda parecer es estrictamente necesario; es decir, es necesario equivocarse para aprender de modo que superando esos obstáculos se adquiere unas competencias bien definidas. Sin embargo, la ciencia escolar se basa en la infalibilidad del método al suprimir estos obstáculos, lo que provoca una visión de la ciencia distorsionada para los alumnos (Astolfi, 1994; Astolfi y Peterfalvi, 1993; Lewis, 1982 y 1988; Watts, 1991).

Como hemos podido ver, las ventajas del método científico aplicado a la ciencia escolar vienen principalmente de la realización del proceso en sí, y esto viene apoyado por un gran número de autores que son defensores de la praxis científica (Brickhouse y otros, 1993) e incluso viene sustentado por el “argumento de la subdeterminación de las reglas por las regularidades observadas” (*the gerrymandering argument*, Wittgenstein) de la epistemología científica, por lo que parece tener sentido la aplicación del método científico como método de construcción de conocimiento mediante la *experiencia* (Woolnough y Allsop, 1985) o *episodios* (White, 1991).

1.2 La investigación a través de las prácticas.

A pesar de que en los centros de secundaria no se hagan investigaciones, en ocasiones, se realizan prácticas. Estas prácticas no están muy extendidas y ocupan muy poco espacio en el desarrollo del proceso didáctico (como veremos en nuestros resultados).

Hay muchas formas de realizar investigaciones aunque el estándar ideal es a través del proceso práctico ya que, sólo haciendo ciencia se aprenderá ciencia (Abrams y Wandersee, 1995). En el sentido más estricto de esta afirmación, se hace patente que la investigación, en el sentido tradicional del término, conlleva un proceso práctico, lo que manifiesta la necesidad de priorizar las prácticas como metodología para realizar investigaciones.

Sin embargo, la realización de las prácticas en los institutos se están haciendo siguiendo un patrón teórico, lo que desvirtúa la naturaleza del proceso práctico y lo acerca más hacia la metodología tradicional teórica que a la investigativa. Esto se debe, en parte, a que durante la realización de las prácticas se aísla el conocimiento, es decir, se da tanta información al alumno que simplemente se dedica a seguir un patrón manual preestablecido: “poner aquí, echar 30 mL de este producto, pesar 20 mg de este otro y apuntar el resultado”.

Exceptuando este enfoque mecanicista y un tanto robótico en el mal diseño de muchas prácticas, encontramos también las prácticas bien diseñadas. Estas son, las que dejan cierta libertad para el alumno en el desarrollo del proceso práctico, lo que supone un abanico de probabilidades que *obliga* al discente a pensar y abrir la mente para conectar, como si de engranajes se tratara, los diferentes aspectos del proceso práctico transformándolo en investigación. Determinamos así, que se puede (y se debe) investigar a través del proceso práctico, pero esa práctica ha de cumplir el canon de la investigación escolar.

Sin embargo, no se suele realizar prácticas en los centros de secundaria debido a factores que pueden implicar incoherencias curriculares o de los tiempos o de preparación de los profesores. A continuación se exponen estos puntos con más detalle con el fin de determinar cuáles son los *lastres* del proceso investigativo.

1.3 La teoría y las prácticas: esenciales en el proceso de aprendizaje.

En puntos anteriores hemos podido constatar la importancia de las prácticas como proceso, en lugar de cómo método de construcción de teoría. Sin embargo, no podemos perder la teoría de vista ya que es indispensable para la transmisión de conocimientos, de modo que la práctica y la teoría son las dos caras de la misma moneda del proceso del aprendizaje. De este modo nos asaltan dudas sobre el proceso práctico-teórico ¿Qué es más importante? ¿Pueden considerarse independientes en la construcción del conocimiento? ¿Cuánto tiempo se debería invertir en el desarrollo de cada uno? ¿Qué se está haciendo actualmente?

Hay dos puntos de vista respecto a este tema: el que prima la importancia de la teoría (científicos teóricos) y el que prima la importancia del proceso (científicos prácticos).

Los científicos más teóricos afirman que la teoría está impregnada (basada) del procedimiento científico, por lo que el proceso en sí carece de valor. Un ejemplo de estos científicos es Giere (1988): *“La teoría contiene necesariamente <<hechos científicos>>, mientras que el modelo no es más que un artilugio para pensar y, por sí solo no tiene ningún valor”*. Stephen Turner (1999) es algo más escéptico que Giere y afirma que *“El concepto de práctica como recurso explicativo básico depende mínimamente de dos líneas de argumentación.”* (Turner, 1999).

Estos autores, a pesar de su carácter crítico con el proceso práctico, le otorgan un valor adherido a los conceptos teóricos. Sin embargo, mucho más críticas con este tema son las investigaciones de Hodson y Millar. Estos autores no solo enfatizan y priorizan el marco teórico frente a la utilidad práctica extrínseca, sino que además, sostienen la idea de que no se puede enseñar/aprender los mecanismos cognitivos necesarios para la realización de las prácticas, por lo que el proceso práctico en sí carece de valor:

“Este enfoque educativo que enfatiza la enseñanza descontextualizada de los procesos científicos, en el que el trabajo práctico se considera como un vehículo para enseñar y desarrollar destrezas cognitivas transferibles y de alto nivel, es absolutamente insostenible. No se pueden enseñar los procesos cognitivos generales como observar, clasificar, realizar hipótesis, etc. per se, como si fueran abstractos; son procesos no generalizables y no transferibles, fuertemente dependientes de la teoría correspondiente y estrechamente ligados a ella” (Hodson, 1992; Millar, 1991).

Si nos basamos en estos autores para responder a las preguntas del inicio de este punto, podemos sacar la conclusión de que el conocimiento científico es un conocimiento fundamentalmente teórico y que *toda relación evidencia-teoría es representable formalmente* (Carnap) lo que determinaría una supremacía del proceso teórico frente al práctico determinando así:

1. Una mayor dedicación al estudio de la teoría debido a su mayor importancia ya que *“La observación de x está moldeada por conocimiento previo de x”* (Hanson, 1992)
2. Una aceptación del modelo actual de enseñanza (donde se prioriza el sistema teórico) y su sistema de evaluación.
3. Una cierta independencia de estos factores, pudiéndose considerar como autónomos.

Sin embargo, tras un estudio más en profundidad, afloran nuevas y renovadas concepciones de la ciencia como proceso teórico-práctico que identifican a los autores anteriores como tradicionales. Esto es así ya que la visión más tradicional encasilla a la ciencia como un *producto teórico* aunque debería priorizarse la ciencia como *proceso* (Guillaumin). En este punto de inflexión, Hacking (1996), apoya este cambio en la concepción del proceso práctico y enfatiza la importancia de la ciencia como proceso experimental afirmando que *“la filosofía debería empezar a reflexionar sobre lo que comenzó por allá en el siglo XVII. La aventura que entonces se inició, y que puso por base la experimentación, fue llamada filosofía experimental”* (Hacking, 1996 p. 52).

En contraposición a estos autores tradicionales encontramos otros autores como Fleck o Latour, que hacen una dura crítica al reduccionismo de los científicos tradicionalistas y resaltan la importancia de la ciencia como proceso, afirmando que no todo es reducible a reglas explícitas formales (Fleck) y que el conocimiento científico implica una transferencia de conocimientos explicativos no reducibles como agentes materiales (Latour). Galison (1987, 1997), mantiene un punto de vista más equilibrado afirmando que hay una autonomía parcial de las prácticas frente a la teoría y viceversa, y que esta debe valerse de una interacción mutua. Esta quizás sea la propuesta más afín a nuestra opinión ya que denota un equilibrio entre el término práctico y el teórico: Por un lado habla de la autonomía de estos dos conceptos y por otro lado habla de la interdependencia de los mismos bajo un modelo de interacción mutua.

Un ejemplo de ello son los centros Waldorf. Estos centros impulsan la autonomía e iniciativa personal del alumno para con el aprendizaje, por lo que carecen de libros de texto y en las primeras etapas la metodología es práctica a través del juego y el autodescubrimiento. La pedagogía waldorf-Steiner tiene casi 100 años de experiencia en estas metodologías prácticas. Aunque no hay muchos estudios, los pocos que hay apuntan a un buen funcionamiento. El informe PISA de 2006 muestra que la metodología utilizada en las Escuelas Waldorf-Steiner de Austria, reduce los niveles críticos en cuanto a resultados en matemáticas y lectura, y sobresalen de la media en cuestiones de “ciencias”. PISA sugiere que las escuelas públicas austriacas podrían aprender en lo referente a la enseñanza de asignaturas de “Ciencias”. Aunque otros estudios no han encontrado una mejora relevante o simplemente muestran resultados parecidos con escuelas convencionales, varios estudios muestran un aumento significativo del grado de satisfacción y entusiasmo de los alumnos con el aprendizaje en las escuelas Waldorf (Schreiner C. y Schwanthner U., 2009).

Tal vez, el modelo más equilibrado sea el de Hacking. Este modelo no se decanta por una visión cerrada de la ciencia y reconoce la importancia de sus dos componentes (ciencia como generadora de teoría y ciencia como proceso) aunque con cierta independencia de sus factores; de este modo, determina que estos componentes basan su importancia dependiendo de lo que se esté investigando, dando lugar de este modo, a situaciones en los que habría que priorizar un modelo teórico y otras donde destacaría el experimento (García & Estany, 2010, p.10).

Esta renovada visión de la importancia de la ciencia en función al proceso práctico tiene como premisa la idea de que una teoría es el fruto de la observación y experimentación, por lo que no puede infravalorarse el proceso ni considerar como trivial de modo que la práctica *“no es reducible a otros*

conceptos que expliquen con la misma eficiencia todo aquello que el concepto de práctica pueda explicar” (Martinez & Huang, 2008).

De esta manera y, en contraposición a los autores más tradicionales, se puede concluir afirmando que tanto la teoría como la práctica mantienen una importancia equilibrada, siendo ninguna subsidiaria a la otra y, por lo tanto, no se pueden considerar como independientes en la construcción de conocimiento. A consecuencia de ello, el tiempo a invertir sería aproximadamente del 50% a pesar de que la dedicación actual para el proceso práctico es mucho inferior.

1.4 -¿Qué beneficios plantea el proceso práctico?

Tras el análisis anterior, hemos podido ser conscientes de que el método científico, entendiéndose como un proceso práctico y dejando a un lado la función de construcción de teorías, presenta una serie de peculiaridades que pueden pasar desapercibidas si no observamos con atención. Estas peculiaridades, tal como hemos descrito anteriormente, son propias del proceso práctico y hacen referencia al manejo de material, la observación, el planteamiento de hipótesis, entre otros. Estos beneficios, a pesar de lo que se podría pensar, no están nada claros, por lo que alumnos y profesores no coinciden a la hora de otorgarle valor a las prácticas. Encontramos así, dos puntos de vista muy diferenciados a la hora de valorar el proceso práctico (Boud et al., 1980; Friedler y Tamir, 1986; Gardner y Gauld, 1990; Kirschner et al., 1993).

Tabla 1 - Beneficios del proceso práctico e investigativo (Kerr, 1963; Barberá y Valdés, 1996)	
Para los alumnos	Para el profesorado
-Promoción del interés.	-Desarrollo de las destrezas manipulativas
-Contacto con la realidad	-Comprensión de los principios teóricos.
-Explicación de los fenómenos naturales	-Recopilación de hechos y datos para el descubrimiento de los principios.

No vamos a entrar a determinar cuál de los dos puntos de vista es el más acertado, pero nos quedaremos con la idea principal que comparten estas dos vertientes: el proceso práctico y la investigación plantean beneficios frente a la clase magistral tradicional.

A continuación, detallaremos los beneficios del sistema práctico:

1.4.1 Motivación.

La motivación es el arma más potente para combatir el abandono escolar, absentismo, la exclusión y la desafección escolar de los jóvenes (Mineco.EDU2011-24122) pero ¿se puede motivar a los alumnos a través de las prácticas y las investigaciones?

El modelo actual de la educación secundaria española se basa en que *“Enseñar es decir, aprender es escuchar y el conocimiento es lo que viene en los libros”* (Larry Cuban) por lo que se obliga a los jóvenes a pasar 6 horas diarias de media sentados frente a una pizarra y forzando su atención hacia una serie de conocimientos que no les interesan y de los que no conocen su utilidad. De hecho, la mayoría de las veces no tienen ni que razonar ya que *“las preguntas ya están contestadas de antemano, solo tienen que recordarlas”* (Ornellas y Hernández, 2015) por lo que *“los jóvenes son los testigos más relevantes de lo que ocurre en los centros y la aulas y, al mismo tiempo, son los más excluidos”* (Smyth y MCInerney, 2012), lo que nos hace preguntarnos si no hay otra manera de enseñar y aprender que haga que ir a los centros le valga la pena a los jóvenes (Stoll, Fink y Earl, 2004).

El principal problema, exceptuando el currículum del que hablaremos en páginas posteriores, es que los alumnos se sienten ajenos a los conocimientos que se les dictan en una clase magistral, por lo que no se sienten partícipes de su propio aprendizaje y mucho menos implicados. El currículum oficial es, por lo general, bastante cerrado y deja poco a la imaginación por lo que la solución parece estar en el método en el que se presenta a los alumnos ese currículum, de este modo ¿Podría ser la metodología práctica, a través de las investigaciones, el método adecuado para solventar ese problema de motivación?

Tras un reciente estudio de la Universidad de Barcelona (2015), en el que seleccionaron a una serie de estudiantes de secundaria para realizar una investigación, se concluyó lo siguiente:

“Se constató que la implicación de los alumnos crece cuando son considerados sujetos activos, creativos y con autoría que se responsabilizan de su aprendizaje y de su evaluación. El alumnado que se involucra en procesos de indagación compartidos puede aprender con sentido” (Ornellas y Hernández, 2015).

Esta implicación para con el aprendizaje demuestra que con las investigaciones el alumno construye su propio aprendizaje y se adueña así del conocimiento de una forma práctica en la que la motivación juega un papel esencial (Es difícil implicarse en algo en lo que no se está motivado). De esta manera, la investigación pasa a ser su investigación.

1.4.2 Aprendizaje significativo-duradero.

Hemos podido ser conscientes de la importancia del proceso práctico a nivel motivacional y el grado de implicación de los alumnos en la construcción de su propio aprendizaje, pero ¿Es este aprendizaje significativo? *A priori* podríamos pensar que, si los alumnos están motivados y se adueñan del proceso de aprendizaje, este debería ser significativo y duradero; sin embargo ¿No es eso lo que ocurre cuando los jóvenes juegan a videojuegos? Es decir, realizando otro tipo de actividades desligadas del proceso de Enseñanza y Aprendizaje, como puede ser jugar a videojuegos, los jóvenes se encuentran motivados y son partícipes en primera persona de la construcción del conocimiento (conocer los botones del mando, sus funciones, los trucos y demás). No obstante, este conocimiento no es significativo y carece de utilidad fuera de ese mundo virtual, por lo que se pierde con facilidad.

No vamos a entrar en profundidad en las raíces del aprendizaje significativo, pero a modo de orientación, definiremos nuestra concepción de “aprendizaje significativo” (Ausubel, 1960; Novak, 1978 y Ferreyra, 2005) como la relación que se establece en el alumno entre los conocimientos nuevos y los que tiene previamente almacenados en su estructura cognitiva. Sin embargo, la clase teórica tradicional no logra este aprendizaje y una muestra de ello es que los estudiantes no logran comprender los fenómenos que estudian ya que no pueden explicar algún hecho diferente de los que figuran en el libro (Greca y Moreira, 1998); lo que denota que el aprendizaje ha sido memorístico y sin sentido.

La investigación en ciencias da importancia a todos esos aspectos cognitivos que se están infravalorando en el aprendizaje estrictamente teórico y la construcción de conocimiento (esto es familiarizarse con los fenómenos, ilustrar un principio científico, desarrollar actividades prácticas, contrastar hipótesis, investigar (Caamaño, 1992)); de hecho, valorar las prácticas manifiesta la idea de que “el conocimiento humano no puede entenderse como meros conjuntos de representaciones explícitas, sino que tiene que incorporar actos y capacidades de entendimiento” (Martinez y Huang, 2008).

La naturaleza de la investigación parte de la observación del medio natural, lo cual no es una percepción vacía, sino un proceso perceptivo orientado por un determinado estilo de pensamiento (Martinez y Huang, 2008) y, de este modo se proporciona un cambio en el modelaje del conocimiento en tanto a que las preguntas que nos surgen vienen sin responder incitando a pensar al alumno, y es así, como realmente se articula el proceso científico. De esta forma, las hipótesis teóricas que surgen de la observación buscan dar explicación a una realidad que nos reta a superar esa problemática (Nersessian, 1992; Giere, 1988), posicionando así, a los alumnos como

constructores de su propio aprendizaje al descubrir aquellos conceptos que no se les facilitan (Mayer, 1986). Esta forma de interpretar la educación se aleja de la visión más tradicional y le otorga vida propia al proceso de adquisición de conocimientos (Hacking, 1983) como respuestas y no como teoría inerte o, dicho de otra forma “*sólo cabe realizar experimentos a la luz de las preguntas*” (Popper, 1935)

En la experimentación existe una forma de argumentar y de conocimiento diferente al fenómeno de la deducción (Galison 1987), generando así un propio estilo de pensamiento que se ayuda de instrumentos cognitivos y normativos (Fleck, 1986) que, generalmente, son los que menos se desarrollan dentro de un aula y son los que más ayudan a aprender (Tamir y García, 1992).

El proceso investigativo no puede realizarse exclusivamente a partir de una base teórica ya que “*La naturaleza no se nos muestra ella por sí sola: ella se abre, se despliega, según lo imponga la manera a la que fue sometida en una acción específica*” (Iglesias, 2004p. 11). Esta acción específica de la que habla Iglesias guarda relación con los instrumentos cognitivos de Fleck en tanto que se refieren a la racionalidad científica como método que va más allá de la elección de teorías (Martinez, 2003) y que se desarrolla conforme se avanza el proceso investigativo.

Entre los elementos que facilitan la construcción del aprendizaje en el laboratorio podemos destacar tres (Izquierdo et al., 1999):

a) Elemento fenoménico: Se identifica un material: agua, metal, plástico, etc. que tiene unas características propias de su composición y que el alumno es conocedor en cierta medida. De este modo sabe que puede calentarse o enfriarse, que puede atraer el metal o no, que puede ser moldeable...

b) Elemento de la acción: Hace referencia a las acciones que se realizan con los materiales como llenar recipientes, medir la temperatura, su elasticidad, etc. Este hecho parece de lo más superficial, sin embargo, si lo observamos bajo la lupa podemos darnos cuenta de su importancia. En los libros de texto, estos datos se representan con un número (30°C, 12 cm., 7 kg. Etc.) que no dice nada al alumno, sobre todo si este número se aleja de su estándar diario como cuando se habla, por ejemplo, de años luz. Cuando el alumno toma las medidas, une los puntos que le guían al aprendizaje significativo ya que le permite estructurar su conocimiento en función de la interpretación de la teoría en base a los instrumentos que se emplean y los resultados que arrojan. Es decir, “*los alumnos sólo entenderían los conceptos científicos haciendo de científicos*” (De Boer, 1991).

c) *Elemento instrumental*: El manejo de la instrumentación, como para por ejemplo, medir la temperatura, se hace transferible a otros materiales. Es decir, una vez conocido el instrumental, este se puede extrapolar para el control de la misma variable en otros materiales y/o procesos; es decir la idea de las observaciones científicas no son puramente pasivas y descriptivas, como al principio pudiera parecer tomar unas medidas de temperatura, sino activas y con capacidad descriptiva (Gooding, 1992). Los autores lo ejemplifican de la siguiente forma: *“puesto que ya sabemos cómo se alimentan los elefantes y sabemos también que un moho no puede alimentarse de la misma manera, pero debe hacerlo de alguna”* (Duit, 1991; Clement, 1993; García y Sanmartí, 1998).

Los reductores de este método de enseñanza se basan en que no hay datos experimentales fiables que sostengan la visión de Izquierdo (1999). De hecho, critican al proceso práctico diciendo que, la visión de que solo se puede aprender ciencias practicándolas es demasiado simplista (Martínez y Huang, 2008), que el trabajo práctico no tiene necesariamente que conducir al aprendizaje significativo (Novak, 1978) y que el procedimiento investigativo en la etapa de secundaria, no contribuye de manera significativa a la adquisición de conceptos teóricos (Kirschner, 1992; Woolnough, 1991; Woolnough y Allsop, 1985). Una muestra de ello es el artículo de Barberá y Valdés (1996) del cual hemos extraído el siguiente fragmento:

“Los estudios que han comparado la eficiencia del aprendizaje siguiendo un método de trabajo práctico con otros que han seguido metodologías más convencionales de enseñanza no han obtenido resultados positivos, queriendo decir con esto que el laboratorio se ha mostrado, en el mejor de los casos, igual de eficiente que los métodos convencionales de instrucción a la hora de mejorar las variables de aprendizaje medidas en los alumnos” (Hofstein y Lunetta, 1982; Clackson y Wright, 1992).

Según estos resultados, se puede entender la pérdida de confianza en el trabajo de laboratorio para aprender ciencias (NRC, 1990; Stake y Easley, 1978).

Hay que decir que, tanto en esta investigación como en el resto, se suelen encontrar resistencias que son aspectos que no pueden ser explicados por las teorías del investigador (Martínez y Huang, 2008). De este modo, se trata de buscar una explicación que contra-argumente estos modelos teóricos y, en el caso de encontrarla, seguir avanzando en la misma línea. En este caso en particular y, con la vista en las conclusiones finales de este trabajo, se puede decir que bajo nuestra modesta opinión, estos autores ven las prácticas e investigación de una forma demasiado simplista al no hacer mención de la naturaleza del proceso de construcción de conocimiento humano mediado por

la experiencia. De este modo, el primer punto a tener en cuenta para realizar una valoración del proceso práctico es distinguir entre **hacer** ciencia, **aprender** ciencias y **aprender sobre** las ciencias (Hodson, 1992b). De esta forma, se puede afirmar que, después del proceso práctico, cabe la posibilidad de que el alumno no haya aprendido ciencias, pero no cabe duda de que ha aprendido a hacer ciencias ya que, de lo contrario, no podría haber desarrollado el experimento.

1.4.3 Educación en valores.

Actualmente se reconoce que el panorama de España está sumido en una crisis, pero no solo económica sino también de valores ya que se está fomentando la adquisición de conocimientos de una forma memorística, dejando a un lado, no solo el aprendizaje significativo sino también la formación de personas: *“El fin de la educación no es hacer al hombre rudo, por el desdén o el acomodo imposible al país en que ha de vivir, sino prepararlo para vivir bueno y útil en él”* (José Martí).

La educación actual centra su atención en un punto fijo situado en el final del proceso educativo, la evaluación teórica, olvidándose de que la ciencia en sí y el hacer ciencia, es un procedimiento que está cargado de valores que provienen el <<hacer y el pensar>> que en última instancia logra formar personas autónomas y críticas (Izquierdo, Sanmartí y Espinet; 1999).

Desde una clase teórica tradicional, podemos enseñar qué significan estos valores o normas, pero no se puede educar en función a ellos ya que no se le puede (ni se le debe) decir a nadie como debe pensar. Sin embargo, a través de un aprendizaje investigativo se llega a la concienciación para con estas normas debido a que el alumno se implica, se apropia del conocimiento y del proceso y, por consiguiente, se apropia también de todo lo que implica ese aprendizaje: los valores o motivos auxiliares (Neurath) que contiene como la normatividad, el espíritu crítico, la creatividad en la elaboración de argumentos y de aplicaciones, la autonomía (Echeverría) además de valores ligados con la tecnología, y la tecnociencia (Martínez y Huang, 2008). Estos valores sociales, económicos, políticos, éticos y estéticos (García y Estany, 2010) son “guías y principios de conducta que dan sentido a la vida hacia la autorrealización, el progreso y el redimensionamiento humano” (García, 1996).

Por poner un ejemplo, una investigación de campo que analice la biodiversidad de una zona geográfica antes y después de un incendio hacer ver al alumno, de una forma mucho más profunda y espiritual, lo importante que es no encender fuegos en los bosques debido al peligro que puede representar. Este hecho se le puede *decir* al alumno en una clase magistral, pero su

planteamiento y razonamiento lógico quedará reducido a datos y números (de reducción de la biodiversidad, hectáreas quemadas, etc.).

1.4.4 Desarrollo de las competencias.

El Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MECD), define las competencias como *“aquellas que permiten poner el acento en aquellos aprendizajes que se consideran imprescindibles, desde un planteamiento integrador y orientado a la aplicación de los saberes adquiridos y, que deben haberse desarrollado al finalizar la enseñanza obligatoria para poder lograr la realización personal, ejercer la ciudadanía activa, incorporarse a la vida adulta de manera satisfactoria y ser capaz de desarrollar un aprendizaje permanente a lo largo de la vida”* (Fuente: MECD). Estas competencias, debido a su importancia implícita, también suelen denominarse *destrezas* y son 8:

- 1- Competencia en comunicación lingüística.
- 2- Competencia matemática.
- 3- Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico.
- 4- Tratamiento de la información y competencia digital.
- 5- Competencia social y ciudadana.
- 6- Competencia cultural y artística.
- 7- Competencia para aprender a aprender.
- 8- Autonomía e iniciativa personal.

Las destrezas básicas, supuestamente, deben adquirirse y desarrollarse conforme se avanza en el currículum oficial. Sin embargo, se hace muy complejo adquirir estas capacidades mediante un procedimiento teórico. El modelo actual, intenta desarrollar estas competencias utilizando diferentes tipos de actividades en el aula, aunque normalmente, estas actividades suelen tener la misma base y lo único que varía es su ejecución; es decir, los ejercicios son iguales, solo que en unos se enfocan hacia una posterior exposición oral (Competencia 1), un dibujo (competencia 6), una opinión personal (competencia 8), etc.

Woolnough y Allsop (1985), proponen tres motivos novedosos para optar por el aprendizaje práctico en el logro de las competencias (Barberá y Valdés, 1996):

1º Desarrollar destrezas específicas a través de simulaciones educativas para las que se proponen ejercicios prácticos.

2º Realizar investigaciones enseñando el enfoque y la labor científica incluyendo tareas propias del proceso investigador. Entre estas tareas los autores destacan las siguientes:

- Estudiar una situación y apercibirse de que existe un problema por resolver.
- Definir el problema.
- Buscar estrategias de resolución, evaluarlas y elegir la más afín.
- Resolver el problema.
- Evaluar la solución y estudiarla para ver si aparece un nuevo problema.

3º Descubrir el *por qué* de un fenómeno a través de la experiencia y conocimientos previos del alumno en relación a un tema.

A través de estos tres puntos propuestos por Woolnough y Allsop (1985), se entiende la práctica como *“cierto tipo del conocimiento corporeizado, por ejemplo, en habilidades, disposiciones arraigadas, competencias lingüísticas...”* (Turner, 1994, 2002).

Tras demostrar que el proceso investigativo puede usarse como medio para lograr el desarrollo de las 8 competencias, procedemos a poner algunos ejemplos que relacionen el *método científico* con el desarrollo de las destrezas:

Tabla 2 – Competencias trabajadas en función a los pasos del Método Científico.

FASES DEL MÉTODO CIENTÍFICO	COMPETENCIAS BÁSICAS TRABAJADAS							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
1º Observación	A través de la dialéctica entre los miembros del grupo	Utilizar medios comparativos entre los sistemas	Observar el medio natural	Mediante aparatos electrónicos, satélites, GPS, etc.	Concienciándose de la importancia del medio	A través de datos históricos	Aprendiendo a observar en lugar de mirar	Realizando observaciones autónomas
2º Formulación de hipótesis	Utilizando una dialéctica científica	A través de modelos matemáticos	A través de los conocimientos previos del entorno	Observar algún modelo, gráfica o estadística en el PC	Previendo qué consecuencias puede tener para la sociedad	Basándose en datos históricos	Aprendiendo a formular hipótesis lógicas	Pensar de forma independiente
3º Experimentación	Comunicando la metodología a los compañeros	Utilizando unidades de medida	Interactuando con el medio y aislando variables naturales	Aumentar/disminuir variables mediante el uso de TICs	Haciendo uso de un procedimiento responsable	Utilizando la imaginación en el desarrollo de experimentos	Utilizando una metodología nueva e innovadora	Repetir el experimento usando un planteamiento propio
4º Conclusiones	Formulando argumentos y contra-argumentos	Realizando modelos teórico-matemáticos	Explicando el mundo natural	Haciendo uso de la tecnología para describir los resultados	Viendo su repercusión para y con la sociedad	Realizando exposiciones animadas y presentaciones entretenidas	Aprendiendo de los errores que hayan podido surgir	Realizando nuevas investigaciones al respecto

1.4.5 Transversalidad.

Uno de los problemas de la clase magistral teórica es que las asignaturas se encuentran “cerradas” dentro de sí mismas. Es decir, la materia que se estudia se aísla de otras como un compartimento estanco, aunque realmente no es posible aislar un conocimiento y que este sea indiferente a otros valores o concepciones metafísicas (Neurath). Actualmente se está tratando de resolver esta visión de la educación a través de la transversalidad en las materias, para lo cual, encontramos dos posibles modelos de aplicación (Sanmartí, 1996):

a) Modelo espada: se aplica un tema que se considera transversal como una espada que atraviesa distintas áreas y materias.

b) Modelo infusión: el tema transversal se diluye en las materias y se integra.

Desde un modelo teórico tradicional de la educación es difícil enlazar, de una forma coherente, unas asignaturas con otras. Sin embargo, para realizar una investigación es necesario aplicar los conocimientos de todo el conjunto de asignaturas en una actividad única. Con el fin de ilustrar esta hipótesis, vamos a utilizar una investigación escolar propuesta por Izquierdo, Sanmartí y Espinet (1999) para asociarla, transversalmente con el resto de materias curriculares:

Tenemos dos vasos idénticos. Llenamos uno de ellos con agua caliente y otro con agua fría. Medimos la temperatura de cada vaso con el termómetro y la anotamos. A continuación vertemos el contenido de los dos vasos en uno mayor. ¿Cuál será ahora la temperatura? Haz una previsión y compruébala con el termómetro. Repetid el experimento, mezclando ahora dos vasos de agua caliente (de temperatura conocida) y un vaso de agua fría (de temperatura conocida). Igual que antes, haced una previsión y comprobadla. (Se continúa así, mezclando agua fría y caliente en diferentes proporciones. Finalmente, se trata de buscar una regularidad que permita calcular la temperatura final en los diversos casos).

Tabla 3 – Procedimiento transversal práctico aplicable al experimento de Izquierdo et al. (1999) respecto a las asignaturas de 3º de ESO.

Asignaturas 3º ESO	Procedimiento transversal práctico
Biología y Geología	Importancia del agua en la nutrición, la corriente termohalina
Física y Química	Comportamiento de las partículas frente la temperatura
Ciencias Sociales: Geografía	Localización de las grandes reservas de agua dulce
Educación Física	Inteligencia corporal: buena posición en el laboratorio
Lengua Castellana y Literatura	Procedimientos dialécticos
Inglés	Lectura de texto alternativos respecto al tema
Matemáticas	Procedimientos matemáticos
Educación Artística y Visual	Desarrollo gráfico del experimento, construcción de material
Música	La música de Georg Friedrich Händel, música con agua

2. ¿Es coherente el cambio de un modelo teórico a uno práctico en los centros de secundaria?

A lo largo del punto 2 hemos podido ver que el aprendizaje basado en el desarrollo de investigaciones y prácticas presenta una serie de beneficios que difícilmente pueden darse en el modelo tradicional teórico. Sin embargo, algo debe de estar pasando para que, presentando tantos beneficios, no se esté realizando en los Centros de Secundaria, lo que nos lleva a preguntarnos si el aprendizaje investigativo en la etapa de secundaria es coherente.

Según Barberá y Valdés (1996), la coherencia del proceso práctico viene sometida a los siguientes puntos:

- 1) El aumento de alumnos matriculados hace difícil el proporcionarles un trabajo práctico adecuado.
- 2) El consiguiente recorte económico en educación repercute especialmente en el presupuesto dedicado al trabajo práctico.
- 3) La eliminación del trabajo práctico en el primer curso de carrera se justifica por considerar que el trabajo práctico de esta etapa ya ha sido realizado con anterioridad.
- 4) El reconocimiento de que la mayoría del trabajo práctico realizado no produce un rendimiento adecuado y la ausencia de alternativas válidas conduce a la decisión de reducir el tiempo dedicado a la enseñanza en el laboratorio.

A continuación examinaremos algunos elementos determinantes de la coherencia del proceso práctico que suponen una base a tener en cuenta para determinar, si la aplicación del proceso práctico, está justificada y es coherente.

Estos puntos son:

- Tiempos de docencia
- Material necesario
- Nivel de los alumnos (desde la perspectiva Piagetiana).
- Currículum
- Formación del profesorado

2.1 Tiempo de docencia.

Según los últimos estudios de la OECD (datos de abril de 2014 sobre el número de horas de instrucción obligatorias; anexo 1) la lectura, las matemáticas y las ciencias ocupan el 40% del tiempo del currículum de secundaria, un 10% menos que en primaria. Si partimos de la idea de que la dedicación para las ciencias ha pasado de 488 horas en 2006 a 496 horas de instrucción anuales en 2012, se hace patente la importancia de la rama de ciencias en la enseñanza secundaria y la necesidad de asignarle una mayor temporalidad para el logro de las destrezas asociadas.

Este tiempo puede parecer a priori suficiente para cumplir con éxito el currículum, sin embargo no lo es. Una investigación no tiene un tiempo cerrado, se puede tardar más o menos en el desarrollo de cada una de sus partes ya que es una metodología *personal*; esto es, que no todas las personas dedican el mismo tiempo a cada una de las partes. Por ejemplo, en la primera fase, la observación, puede llevar desde pocos minutos hasta horas debido a las capacidades de cada uno.

Una investigación realizada durante las prácticas en el instituto de Secundaria IES Cardenal Larraona, llevada a cabo por el autor del presente trabajo, muestra la extracción de pigmentos fotosintéticos. Esta práctica conlleva aproximadamente media hora de preparación previa del laboratorio (Fig. 2- imagen 1), recolección de material (Fig.2 - imagen 2), una hora de procedimientos (Fig. 2 -imagen 3) y, finalmente, una hora para la limpieza del laboratorio, secado y colocación del material. A partir de esta práctica, los alumnos aprenden los diferentes tipos de pigmentos fotosintéticos que hay en las plantas (Fig. 2 - Imagen 4), a separarlos, sus colores, su función, etc. En una clase magistral tradicional, el tiempo a invertir es aproximadamente de 10 minutos.

Otro ejemplo de ello fue la práctica de visualización de las esporas de los hongos. En ella, se necesitaron varios días para la preparación de la esporada (Fig. 3 – Imagen 1) sobre cartulina, una hora de preparación del laboratorio (Fig. 3 – Imagen 2.), una hora de realización de la práctica (Fig. 3 – Imagen 3) y otra hora de limpieza y colocación del material. Sin embargo, este apartado se impartió en unos 20 minutos aproximadamente desde una clase teórica tradicional.



Imagen 1 – Preparación de material



Imagen 2 – Recolección de material



Imagen 3 – Procedimiento (separación por capilaridad)

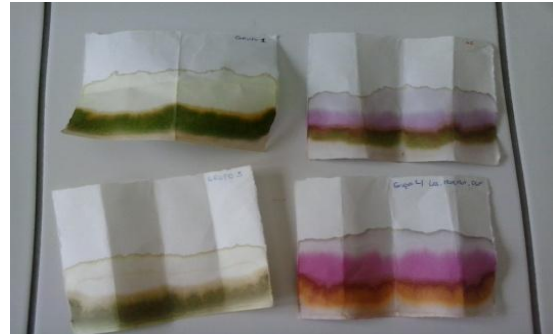


Imagen 4 – Resultados

Figura II. Investigación llevada a la práctica, extracción de pigmentos fotosintéticos



Imagen 1 – Preparación de la esporada



Imagen 2 – Preparación de material

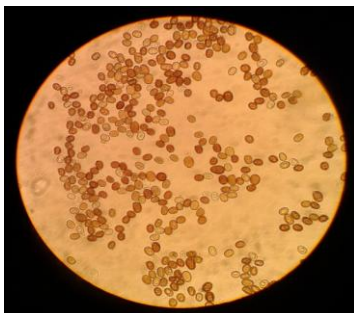


Imagen 3 – Visualización de las esporas

Figura III. Investigación llevada a la práctica, extracción de pigmentos fotosintéticos.

Esta diferencia de tiempo nos haría decantarnos rápidamente por una enseñanza teórica pero, si volvemos páginas atrás y examinamos cuidadosamente los beneficios de la investigación en la construcción de conocimientos de forma significativa, nos hará replantearnos muchos aspectos. El primero replantear es qué buscamos con la educación. Si la respuesta es preparar a los alumnos para superar un examen, está claro que elegiremos la opción más rápida (la clase teórica magistral), sin embargo, si entendemos que el resultado final de la educación es el *lifelong learning*, el aprendizaje significativo-duradero, formar personas y desarrollar sus habilidades, la opción será sin ninguna duda el camino más largo (aprendizaje mediante la investigación).

De esta forma, podemos concluir diciendo que la propuesta es coherente con los tiempos, ya que a pesar de que haya que invertir más, los resultados son más duraderos.

2.2 Inversión económica.

Para la realización de las investigaciones es obvio que se necesita de un material específico, sobre todo para el trabajo de laboratorio. Esta inversión económica, por pequeña que sea, ha sido tratada de excesiva por los científicos escépticos al proceso práctico llegando a decir que es una pérdida de tiempo y recursos (Hofstein y Lunetta, 1982; Pickering, 1980; 1983) ya que los objetivos que se esperan cumplir a través del proceso práctico finalmente no se cumplen (Igelsrud y Leonard, 1988; Lederman, 1992; Reif y St. John, 1979; Tamir y Lunetta, 1978 y 1981; Tobin, 1986; White, 1979).

Para obtener unos datos económicos fiables, hemos realizado analizando el catálogo de la casa comercial Labbox (Sistem certification ISO 9001) para seleccionar los productos físicos y químicos que, a nuestro juicio, no pueden faltar en una laboratorio de secundaria (Anexo 2) llegando a la conclusión de que se necesitaría una inversión económica total de 2757,075 euros (Material físico: 2455,335 euros + Material químico: 301,74 euros).

Para el cálculo de estos datos, se ha partido de la premisa de que el sistema educativo español cuenta con unas clases abarrotadas de alumnos, por lo que se han seleccionado el número de unidades necesarias para una clase de 30 alumnos repartidos en grupos de 3. Tampoco hay que olvidar la idea de la importancia de hacer investigación de campo, lo que supone el alquiler de un medio de transporte (autobús normalmente) para llevar a los alumnos a la zona.

Si comparamos la inversión necesaria para el trabajo investigativo frente a la de la clase teórica tradicional, volverá a ganar la clase magistral ya que, la inversión para una clase magistral es baja en relación a la investigación. La clase magistral solo se necesita de libros y una pizarra (o proyector).

Sin embargo, no es necesario contar con un sofisticado instrumental para realizar prácticas de laboratorio; de hecho, el material puede fabricarse estimulando así el desarrollo de la imaginación, la creatividad y poniendo en práctica los conocimientos del alumnado. Esto es, por ejemplo, el diseño de un microscopio usando las propiedades de la luz (refracción y reflexión), la utilización de materiales afines (espejos y lentes), entre otros. De esta forma podemos encontrar en internet muchos esquemas para construir nuestro propio material de laboratorio *low cost*, lo que además, permite al alumno ya no solo apropiarse del aprendizaje sino también del desarrollo del instrumental. Todo esto genera una afección del alumno por el proceso ya que se implica desde el inicio (construcción de material) hasta el final en el aprendizaje (obtención de conocimientos).

Concluimos de este modo, diciendo que la propuesta práctica es coherente a nivel económico.

2.3 Nivel psicológico-cognitivo.

La actividad científica es tan antigua como la propia razón humana y, por ello, viene implícita en nuestro ser, solo tenemos que saber desarrollarla. Una muestra de ello es que, ya desde niños establecemos juegos simbólicos basados en la observación del mundo que nos rodea (sustituyendo objetos reales por otros ficticios: una lata hace de coche, un palo hace de caballo...) fundamentando así la construcción de conocimientos y modelos teóricos que permiten actuar sobre la realidad (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999).

Estos hechos, que en principio pueden parecer muy simples, esconden en su seno un complejo desarrollo psicológico basado principalmente en cortex prefrontal. Esta zona del cerebro sufre transformaciones desde los 13 años hasta los 18 o 20 años y es la encargada de funciones ejecutivas y procesos cognitivos de alto nivel como el razonamiento hipotético y la metacognición. Piaget divide este proceso en dos etapas: una etapa temprana en la que los adolescentes manejan ciertas operaciones formales y las emplean ocasionalmente; y una segunda etapa en la que se adquieren mas operaciones y su utilización se generaliza adquiriéndose un planteamiento hipotético-deductivo y la capacidad de pensar en abstracto, ambas cualidades propias de la ciencia.

Teniendo en cuenta estas premisas, es obvio que las investigaciones deben ser acordes con el desarrollo psicológico del alumno para que estas tengan sentido. Según los estudios de Martínez y Huang (2008) y, basándose en los escritos de Turner:

“Debido a una serie de problemas conceptuales, la mayoría de las teorías de las prácticas que han sido planteadas hasta hoy día han fracasado en sus intentos por establecer la necesidad y/o la irreducibilidad de un concepto de práctica; y, como consecuencia, las prácticas deben ser entendidas como hábitos individuales reducibles a las regularidades de conducta”

No hay que olvidar que, la experiencia es un factor indispensable para la realización de buenas prácticas y que, un especialista tiene mayor capacidad para detectar las posibles hipótesis que un investigador novato (Polanyi, 1958/1962, 30). En este caso, en el contexto de la ciencia escolar, los estudiantes no poseen el suficiente dominio ni la sofisticación teórica (Norris, 1995) para realizar las investigaciones de forma autónoma por lo que necesitan de un guía del aprendizaje (profesor), de lo contrario y, tal como afirma Kirschner (1992) “los currículum que plantean que el alumno aprenda ciencias a partir de su propia experimentación están condenados al fracaso”.

De esta forma, podemos concluir este apartado diciendo que la propuesta de prácticas es coherente siempre y cuando se seleccionen atendiendo al nivel psicológico del alumnado y su experiencia.

2.4 Currículum.

El currículum oficial es el eje vertebrador de todas las materias, por lo que es el punto de partida que hay que tener en cuenta para poner en práctica una metodología u otra. El currículum español es bastante rígido y deja poco a la imaginación ya que tanto la estructuración de los contenidos como la disposición de las materias está cerrada y es poco flexible, lo que limita y restringe el quehacer del profesor. Este hecho es uno de los más recurridos a la hora de comparar la educación española con otras como la finlandesa, cuyo currículum es mucho más flexible.

La elaboración del currículum escolar es un hecho de gran relevancia ya que va a suponer el vademécum para el proceso didáctico. De esta forma, parece lógico que se estudie detenidamente y de forma consensuada para definir los modelos teóricos que debe incluir, siendo realistas con el tiempo de la etapa escolar (Izquierdo et al., 1996). Si el currículum actual está enfocado a los tiempos y a una metodología de una educación tradicional teórica y,

nosotros proponemos un modelo innovador práctico, se manifiesta la necesidad de una reforma curricular que se adapte a este nuevo método.

Entre esta reforma, las piezas claves a destacar son elementos como la temporalidad, la extensión curricular y el método de evaluación.

-Temporalidad.

Ya en puntos anteriores comparamos el tiempo necesario para la realización de una metodología teórica frente a una práctica y, obtuvimos de conclusión que el proceso práctico necesita de una inversión en tiempo mucho mayor. De esta forma concluimos que, si se mantiene el currículum oficial se necesitaría más tiempo de docencia práctica para alcanzar los objetivos curriculares.

-Extensión curricular.

Carece de lógica aumentar el tiempo dedicado a la educación en España puesto que supera con creces a la media de la OCDE (Anexo 1) respecto a las horas generales de instrucción. Si los alumnos españoles dedican más tiempo al estudio que la media de la OCDE pero sus resultados son peores, el fallo parece presentarse en el currículum oficial.

La mayoría de los docentes afirman que el currículum es demasiado extenso, lo que les fuerza a llevar un ritmo de clase demasiado rápido para que los alumnos puedan seguirlo, por lo que se dedican a copiar y memorizar. Queda patente que, si la clase teórica tradicional no es capaz de cumplir con todo el currículum debido a su extensión, el proceso práctico, lo tendrá aun más difícil. Se manifiesta así la necesidad de una *teoría de los contenidos* curriculares que tenga en cuenta el valor didáctico del currículum (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999) para poder aplicar la metodología práctica-investigativa.

-Método de evaluación.

El método actual de evaluación está “adecuado” a la metodología que se está empleando y al currículum vigente. Sin embargo, se hace obvio que si la metodología actual no es la más innovadora, y el currículum español tampoco es de lo mejor, el método de evaluación también estará desfasado.

El procedimiento de evaluación actual busca comprobar si se cumplen una serie de estándares meramente memorísticos, ya que el examen está enfocado a la repetición de los conceptos que se han visto en clase, lo que ha generado serias críticas: “La noción de que todos los estudiantes deben

alcanzar cierta puntuación en cada uno de los atributos de una lista de objetivos previamente prescrita no sólo es una práctica educativamente poco aconsejable en la enseñanza de las ciencias, sino que además carece de sentido” (Martinez y Huang, 2008).

De esta forma, si se pretende incluir una metodología investigativa habría que cambiar el modelo de evaluación de una forma drástica. Este hecho, a priori fácil de tener en cuenta, es la piedra angular de muchas investigaciones de modo que, muchos visionarios realizan investigaciones con los alumnos buscando resultados pedagógicos en el desarrollo de la investigación, pero terminan encontrando que los resultados no son favorecedores porque siguen manteniendo el proceso de evaluación de una clase magistral tradicional. Este error es extremadamente común y partiendo de esta premisa se puede conocer por qué muchos autores determinan el proceso investigativo como una pérdida de recursos y tiempo (Hofstein y Lunetta, 1982; Pickering, 1980;1983) o que incluso no se cumplen los objetivos (Igelsrud y Leonard, 1988; Lederman, 1992; Reif y St. John, 1979; Tamir y Lunetta, 1978 y 1981; Tobin, 1986; White, 1979).

En conclusión, para poder aplicar una metodología práctica-investigativa, habría que cambiar el modelo de evaluación.

2.5 Formación del profesorado.

Como hemos podido ver, nuestra propuesta de realizar investigaciones con los alumnos de secundaria necesitaría de una serie de cambios a nivel institucional. Sin embargo, no podemos olvidarnos de la labor del docente ya que es una pieza fundamental para que aprendizaje tenga sentido, de tal manera que, si no se contase con el profesor, el aprendizaje no iría dirigido hacia ningún sitio y los alumnos pueden perderse en el mismo.

La labor del profesor varía significativamente en ambas metodologías. En la clase magistral tradicional, la función del profesor es básicamente marcar los tiempos que dicta el currículum en función al libro de texto y sus contenidos, presentando, de manera creíble y convincente los modelos teóricos; por lo que su papel se considera básicamente retórico (Izquierdo et al, 1999). Sin embargo, el profesor que dirige una investigación ejerce de guía del conocimiento, por lo que tiene que debe tener en cuenta los elementos del sistema didáctico (lo que se pretende descubrir, el propio profesor y el alumnado) y actuar en *pro* a la actividad científica escolar a través de la transposición didáctica (Chevallard, 1985).

Permitiéndonos la analogía, para poder guiar es necesario conocer el camino, y en la educación pasa lo mismo. El profesor debe conocer de buena mano el proceso investigativo y el camino que siguen los alumnos novatos desde su primera investigación (etapa pre-científica, Izquierdo et al, 1999) hasta que han adquirido suficiente experiencia.

Esta situación también es muy compleja para un profesor inexperimentado en esta rama didáctica, ya que está obligado a salir de esa zona de confort que aporta la metodología tradicional y el libro de texto. No existe una única metodología de investigación, por lo tanto esa presunción de que aplicando una metodología investigativa vamos a obtener frutos es errónea (Atkinson, 1990; Garret y Roberts, 1982; Shulman y Tamir, 1973), lo cual complica aún más la labor del profesor a la hora de contextualizar y enfocar la investigación para darle sentido. Este sentido vendrá proporcionado por las leyes del constructivismo didáctico y la manera en la que el profesor las aplique.

A modo de pequeñas pautas, para describir las acciones que el profesor deberá realizar y así ser conscientes de lo que puede suponer para el docente realizar una investigación en secundaria, vamos a describir brevemente algunas de las fases de la investigación desde el punto de vista de la realidad docente:

1º Fase de preparación.

En esta fase el profesor deberá prever y anticiparse, a las más que seguras dudas, que se planteen durante el proceso investigativo.

Para facilitar la labor docente, es muy frecuente encontrar libros y manuales de prácticas en librerías especializadas. A priori puede parecer un ahorro de tiempo y esfuerzo considerables aunque realmente no lo es. Estos manuales suelen ser muy generales y aportan información sin ceñirse al currículum (y por lo tanto a los objetivos), por lo que terminan siendo una pérdida de tiempo y esfuerzo al tener que adaptar estas prácticas a un contexto y un currículum determinados. En esta adaptación se deberá tener en cuenta una serie de aspectos (Izquierdo et al., 1999) como el nivel de los alumnos y sus conocimientos (Jorba y Sanmartí, 1996), el objetivo cognitivo que deseemos desarrollar (Hodson, 1985), como por ejemplo aspectos lingüísticos del vocabulario científico (Jorba et al., 1998) y, finalmente y quizás lo más importante (ya que la mayoría de los estudios no lo tienen en cuenta) el método de evaluación del proceso de investigación (Jorba y Sanmartí, 1996).

2º Fase de observación.

Para empezar a trabajar, el profesor debe encontrar una situación cotidiana y pragmática (Márquez e Izquierdo, 1993) desde el contexto del alumnado que permita que los alumnos realicen observaciones objetivas al respecto. Esta primera fase de la investigación deberá recoger las siguientes características (Izquierdo et al, 1999):

- Han de ser interesantes para el alumno por su importancia o por su cotidianidad.
- Han de generar un esquema general o conectarse con él fácilmente.
- Han de estar al alcance del alumno, en sus tres aspectos: manipulativo, simbólico y tecnológico.

3º Determinación de los objetivos post observacionales.

Tras la observación hay que determinar cuál es el objetivo que estableceremos. Por ejemplo, tras observar distintos tipos de hojas podemos marcar varios objetivos: ¿Por qué unas son más verdes que otras? ¿Por qué un árbol tiene hojas más grandes que otras o con otra forma? ¿Por qué hay árboles a los que se les caen las hojas y a otros no? Etc. Todas estas preguntas ponen en marcha un proceso cognitivo complejo en la mente del alumno de modo que, el profesor debe guiar este proceso a la vez que los alumnos *piensan* y determinan el objetivo que se va a investigar.

4º Realización de las hipótesis.

La labor del profesor será la de guiar el proceso dialéctico para dar con la hipótesis que conduzca a los objetivos (transformar el caso práctico en teórico de forma significativa). Hay que tener en cuenta que los alumnos, debido a su aprendizaje tradicional, esperarán a que se les resuelva las dudas sin intentar resolverlas de forma autónoma (Jorba y Sanmartí, 1996).

4º Experimentación

Tras definir los objetivos y establecidas las hipótesis, ha de ponerse en marcha la experimentación. Para realizar una buena experimentación el profesor debe ser ávido conocedor de los procedimientos metodológicos y todo lo que implica para poder redirigir a los alumnos ante posibles estancamientos. De esta forma, el profesor debe hacer gala de una pedagogía que emplee recursos discursivos al nivel del alumno para facilitarles la labor. Aunque los alumnos estén experimentando de forma autónoma, la tarea de los estudiantes estará siempre guiada por el profesor; incluso cuando se les da libertad para el diseño de experimentos (Izquierdo et al, 1999).

5º Resultados y conclusiones.

La experimentación arroja una serie de resultados que tienen que ser debidamente interpretados. El alumno principiante difícilmente podrá interpretar los resultados ya que es un proceso muy complejo que se desarrolla con la experiencia, por lo tanto, el profesor deberá encaminar a los alumnos para que hagan una interpretación racional.

6º Extrapolación de los resultados.

En esta fase se presenta el mayor reto para alumnos y profesores. Una vez se ha desarrollado todo el método y se han realizado las conclusiones, el alumno debe ser capaz de extrapolar estos datos a otras situaciones, lo cual implica un esfuerzo cognitivo de alto nivel al tener que interrelacionar una multiplicidad de conceptos de todas las materias. Esta fase tiene una peculiaridad que puede considerarse, en cierto modo, peligrosa, y es que los alumnos, sobre todo los más jóvenes, *tienen tendencia a dotar de un poder explicativo universal a los modelos de que disponen* (Izquierdo et al, 1999). De este modo, se pueden generar errores conceptuales que se enfatizan en los conocimientos previos del alumnado y luego sean muy difíciles de eliminar, por lo que el profesor debe andar con cautela.

Finalmente, concluimos que la propuesta del aprendizaje por investigación no es coherente del todo con el profesorado actual debido a que, los propios profesores, han sido educados a través de una educación tradicional teórica, lo que supone que no tienen la formación necesaria para dirigir la investigación. De esta forma se necesitaría de *“una formación profesional compuesta de una formación teórica y práctica simultánea, porque la teoría sin práctica carece de significado y la práctica sin teoría se vuelve repetitiva y sin dirección”* (Hernández-Hernández y Sanchez-Gil, 2015).

Determinamos, de esta forma, que la metodología práctica no es coherente del todo debido a la falta de tiempo, la rigidez curricular, la falta de presupuesto y la escasa formación del profesorado en cuanto a dirigir una investigación. Sin embargo, a nivel general, podemos concluir diciendo que la metodología práctica-investigativa es coherente siempre y cuando se apliquen algunos cambios que faciliten la implantación de este modelo.

3. Alternativas al proceso práctico.

Si el aprendizaje investigativo puede suponer un esfuerzo extra y no garantiza resultados ¿Qué otras alternativas nos quedan? Según Barberá y Valdés (1996) y la revista Science (1996) hay pocas alternativas prácticas que encumbren la educación desde un punto de vista práctico. Pues bien, las metodologías educativas de las que disponemos en nuestra caja de herramientas son las siguientes (Izquierdo et al, 1999):

1) El modelo «estudiar el libro».

Este modelo es el más tradicional. Consiste en la clase teórica magistral en la que el profesor es adalid del conocimiento (sujeto activo) y los alumnos lo aprenden (sujeto pasivo), por lo que las prácticas no están fundamentadas y se consideran secundarias. Este modelo es considerado también como el del *embudo de Nuremberg*, por lo que el profesor lanza sus conocimientos a los alumnos, sustentándose en el libro de texto como si de un vademécum se tratase, y estos deberán recordar todo lo que se les “enseña”.

2) El modelo «hacer ciencia en la escuela»

Este modelo surge de la renovación pedagógica del anterior, nace en la época de los sesenta y viene caracterizado por el aforismo de Confucio «hago y comprendo» (Izquierdo et al, 1999); aunque el proceso práctico nunca llega a jugar un papel primordial en la enseñanza, el libro de texto pierde parte de su autoridad suprema en la construcción del aprendizaje.

3) El modelo «autónomo»

Este modelo está caracterizado por una nueva concepción del aprendizaje basada en que «sólo puedo justificar lo que hago si hablo con los demás y escribo sobre ello; así voy regulando mis concepciones, es decir, comprendo y aprendo» (Izquierdo et al, 1999). En este modelo tanto el libro de texto como el profesor pierden ese punto central en la educación y se comienza a situar al estudiante como pilar del proceso didáctico.

Parece ser que en España, el modelo más extendido es el primero, sin embargo, en otros países como Inglaterra o Estados Unidos, se enfatiza la importancia del aprendizaje por investigación y las destrezas prácticas que se adquieren (Bryce y Robertson, 1985; Buchan, 1992; Doran et al., 1994) y, para ello, su sistema de evaluación está adaptado y es coherente con el proceso (Bryce et al., 1983).

Bloque II – Caso práctico: Estudio de invertebrados a través del método científico.

1. Objetivos, procedimiento y contextualización de la propuesta.

Con el fin de darle sentido a esta investigación y resolver, de una vez por todas, el entramado de dudas que han suscitado los científicos y educadores más escépticos acerca del proceso investigativo, hemos realizado una investigación al respecto para comprobar si se puede considerar la investigación como adalid de la educación significativa o si, por el contrario, es una metodología expuesta significativamente al fracaso. Para ello, se utilizará como marco teórico todo lo expuesto en los apartados anteriores.

Se debe tener en cuenta que, como profesores invitados, no se ha podido seguir una metodología estrictamente investigativa ya que no se ha podido contar con la *independencia* suficiente para ello.

Los **objetivos** de esta investigación han sido tres:

1. Comprobar cuan significativo es el sistema educativo actual en función a un tema determinado (animales invertebrados) para, posteriormente, poder sacar conclusiones más generales a través de un procedimiento hipotético deductivo.
2. Comprobar la percepción de los estudiantes en función al proceso práctico-investigativo haciendo hincapié en factores motivacionales y su propia concepción del aprendizaje.
3. Comprobar la coherencia real de la propuesta investigativa en un centro de secundaria para apoyar o discernir de las opiniones de los apartados anteriores.

Esta investigación se ha desarrollado en un centro de educación secundaria de Navarra y ha contado con la participación de más de 100 alumnos de casi todos los niveles (desde 1º de ESO a 1º de Bachillerato).

Procedimiento con el fin de llevar a cabo los objetivos.

El procedimiento estándar en todos los cursos ha sido, inicialmente, la realización de un test anónimo cuyas preguntas podemos dividir en dos partes: Una primera parte dedicada al estudio de la concepción de los estudiantes acerca de los beneficios del proceso práctico en función del aprendizaje significativo, a valores motivacionales y opciones de futuro (Objetivo 1); y una segunda parte dedicada a comprobar si los conocimientos aprendidos en cursos inferiores siguen estando en la red cognitiva del alumno de cursos superiores, representando así un aprendizaje significativo-duradero (Objetivo 2).

Para comprobar la coherencia de la propuesta (Objetivo 3), se realizó un periodo de docencia en la asignatura de Ciencias Naturales de 1º de ESO, que se ha impartido siguiendo una metodología investigativa. En el desarrollo del proceso docente se siguieron todas las pautas que hemos explicado a lo largo de esta investigación, de modo que, los resultados que de aquí se obtengan serán determinantes para confirmar o discernir estas hipótesis. De un modo breve, la investigación se ha basado y ha tenido en cuenta los siguientes aspectos asociados al proceso investigativo.

2º Preparación de la intervención en el aula

Para preparar la intervención en el aula, se hizo una investigación de los aspectos más relevantes del proceso investigativo (que hemos podido ver anteriormente) y se ajustó de forma coherente al tiempo y el contexto del alumnado. Como hoja de ruta, se realizó una Unidad Didáctica (Anexo 3).

3º Introducción y justificación de la metodología.

Tras el estudio detallado de las metodologías docentes en el Máster de Formación para el Profesorado e investigaciones propias a través de publicaciones, se aprovechó la oportunidad para implementar una metodología con predominio práctico y alcanzar un aprendizaje significativo alejado de lo memorístico que integre las inteligencias múltiples en su desarrollo. Se trató de incorporar, a nivel de la intervención motivacional, un modelo TARGET (Epstein, 1989) basado en Tarea, Autoridad, Reconocimiento, Grupos, Evaluación y Tiempo. Para facilitar la labor del alumno se empleó un modelo de gamificación y proyectos de investigación en grupos de expertos (ABP).

Se pretendió, de esta forma, lograr un aprendizaje basado en un cambio permanente en el conocimiento producido por la experiencia (Woolfolk, 1999) gracias a la construcción del aprendizaje a través de la relación de los nuevos conocimientos con los conocimientos previos almacenados en la estructura cognitiva del alumno (Ausubel).

4º Ambiente en el aula

Para hacer de esta propuesta una propuesta coherente, se tuvo en cuenta el contexto y la realidad en el aula. Gracias a que nos encontramos con un alumnado colaborativo, motivado y no excesivamente amplio (21 alumnos), esta propuesta fue coherente y adecuada ya que, en caso contrario, hubiéramos tenido que reestructurar la propuesta para establecer la metodología didáctica práctica.

5º Materiales didácticos.

El primer material didáctico entregado fue un test de ideas previas fundamentado en las últimas investigaciones sobre didáctica de la educación en relación al tema a tratar y que sirvió como método para conocer la evolución de nuestro experimento conforme a los objetivos 1 y 2.

Para el desarrollo teórico de la clase se utilizó el proyector y diversas presentaciones en formato power point de diseño propio. Como bibliografía base en el desarrollo de las presentaciones, se utilizaron diversos medios entre los que podemos destacar el libro de texto y la información proporcionada por el profesor titular. Entre las presentaciones usadas se destacan dos: una presentación para el desarrollo de la clase a modo de soporte con información, fotografías, vídeo y animaciones, y otra con material de repaso para hacer un seguimiento del proceso de Enseñanza-Aprendizaje y que será la base de preguntas del sistema de gamificación.

En la realización del desarrollo práctico se utilizaron todos los representantes posibles de cada grupo de animales (Anexo 4), prioritariamente vivos, aunque no siempre pudo ser posible. También se hizo uso de una lupa virtual para una observación en profundidad de los organismos. De este modo, se utilizaron poríferos (esponja), anélidos (oligoquetos), moluscos (gasterópodos y bivalvos), artrópodos, entre ellos arácnidos (escorpiones), crustáceos (cigalas y cochinillas de la humedad), miriápodos (ciempiés y milpiés) e insectos (avispa, escarabajos, mariposas, saltamontes, etc.) y, finalmente, equinodermos (estrellas de mar, erizos de mar y ofiuras).

En cuanto a las prácticas de campo se emplearon vasos de plástico, palas y agua con azúcar para realizar unas trampas de caída.

Se utilizó también un fascículo de *National Geographic* (Anexo 5) donde se cometían algunos errores en la clasificación, unos entregables a modo de repaso y juegos tipo pasapalabra (Anexo 6) y pictionary para la motivación.

6º Conocimiento previo del alumnado.

Tal como se dice en el punto anterior, se entregó un test de ideas previas para conocer el punto de partida. Dicho test consta de dos partes:

Una primera parte en la que se pretende conocer la afinidad de los alumnos por el proceso práctico, si conocen su utilidad, si creen que realmente pueden descubrir la teoría realizando prácticas (aprendizaje por descubrimiento guiado, Bruner, 1960), si creen que pueden aprender divirtiéndose, etc.

La segunda parte del test estuvo fundamentada en los conocimientos previos sobre el tema a tratar (Animales I – Invertebrados). De este modo se

preguntaron generalidades sobre el reino animal y particularidades de reinos en concreto.

7º Metodología.

Se comenzó la clase con la entrega del test de ideas previas y, tras su recogida se introdujo el tema a tratar (Animales I – Invertebrados) y el proceso de evaluación (Lo veremos más adelante). Para comenzar el proceso de gamificación, se agrupó a los alumnos en grupos de investigación de 3 personas, nombrándolos expertos en un área concreta (Anexo 7). Este proceso de gamificación impulsó aún más la idea del aprendizaje autónomo y colaborativo, tal como deberían ser las investigaciones.

De este modo, cuando se terminaba el estudio de un *phyllum*, el grupo de expertos correspondiente debían hacer una presentación oral basada en investigaciones individuales de ese grupo de animales. Por ejemplo, al terminar el *phyllum* poríferos, los expertos en poríferos debieron exponer oralmente sus investigaciones sobre poríferos y así sucesivamente.

El estudio de cada *phyllum* vino acompañado de un representante de cada grupo (como se puede ver en materiales docentes, anexo 4) donde los alumnos pudieron observar en primera persona, todas las características que se estaban estudiando e incluso aportar ideas nuevas. A esto se le suma que, durante la exposición oral de la clase, se realizaron preguntas al ponente para fomentar el aprendizaje por descubrimiento guiado (Bruner, 1960).

Durante el estudio del *phyllum* arthropoda, se realizó una práctica de campo que consistió en colocar una serie de trampas de caída en las zonas verdes cercanas al centro y, el día siguiente, recogerlas y observar los artrópodos que habían caído mediante una práctica de laboratorio.

Para la práctica de laboratorio del día siguiente se recogieron las trampas de caída, se expusieron todos los organismos estudiados en el laboratorio y se hizo un repaso general. Entre los animales capturados se encontraba una escolopendra y un milpiés (Anexo 4, Imagen 8 y 10), ambos representantes de los miriápodos y un mosquito (insectos). Los alumnos, en grupos pequeños, observaron los animales a la vez que contrastaban su morfología con las características teóricas. También se observaron animales vivos bajo la lupa (Anexo 4, imagen 11).

Evaluación.

La evaluación se realizó sobre 11 puntos repartidos de la siguiente forma:

-Examen (10 puntos; anexo 8) distribuidos de la siguiente manera:

6 Puntos de reconocimiento, ordenación e indagación en el phylum.

3 Puntos de características generales.

1 Punto del estudio epistemológico de los términos estudiados, favoreciendo así la transversalidad con otras asignaturas como el latín y el griego, así como el estudio del vocabulario científico.

El examen está basado en un examen real de 1º de Licenciatura en Biología, con algunas modificaciones según el contexto.

-Investigaciones: 1 punto.

Para ellas se siguieron los siguientes criterios de evaluación:

C1: La investigación es profunda y bien argumentada (0,3 puntos).

C2: La exposición es clara y concisa (0,3 puntos).

C3: Utiliza vocabulario científico de forma adecuada (0,2 puntos).

C4: Expone sin reforzarse en texto escrito (0,2 puntos).

2. Resultados.

2.1. Tabla 4: Resultados de la investigación acerca de la perdurabilidad de los contenidos (Objetivo 1).

		1º ESO (21 alumnos)		2º ESO (19 alumnos)		3º ESO (30 alumnos)		4º ESO (26 alumnos)		1º Bachiller (21 alumnos)		Total (117 alumnos)	
		Numérico	Porcentaje	Numérico	Porcentaje	Numérico	Porcentaje	Numérico	Porcentaje	Numérico	Porcentaje	Numérico	Porcentaje
¿Todos los animales se mueven?	Si	19	90	11	58	19	63	16	62	6	29	71	61
	No	2	10	8	42	11	37	10	38	15	71	46	39
¿Todos los animales tienen huesos?	Si	2	10	0	0	1	3	0	0	0	0	3	3
	No	19	90	19	100	29	97	26	100	21	100	114	97
¿Todos los animales tienen cabeza?	Si	11	52	5	26	13	43	10	38	3	14	42	36
	No	10	48	14	74	17	57	16	62	18	86	75	64
¿Todos los animales tienen pulmones?	Si	2	10	1	5	1	3	3	12	1	5	8	7
	No	19	90	18	95	29	97	23	88	20	95	109	93
¿Comen las medusas?	Si	20	95	19	100	24	80	22	85	20	95	105	90
	No	1	5	0	0	6	20	4	15	1	5	12	10
¿Las gambas y las cucarachas pertenecen al mismo reino?	Si	6	29	6	32	4	13	8	31	8	38	32	27
	No	15	71	13	68	26	87	18	69	13	62	85	73
¿Todos los animales son simétricos?	Si	4	19	3	16	11	37	5	19	1	5	24	21
	No	17	81	16	84	19	63	21	81	20	95	93	79
¿Hay animales sin patas?	Si	18	86	19	100	27	90	22	85	21	100	107	91
	No	3	14	0	0	3	10	4	15	0	0	10	9
¿Puede un animal reproducirse por sí mismo? (Sin la necesidad de otro animal del otro sexo)	Si	19	90	19	100	23	77	23	88	19	90	103	88
	No	2	10	0	0	7	23	3	12	2	10	14	12

2.2. Tabla 5: Concepción de los alumnos acerca del proceso práctico e investigativo (Objetivo 2).

PREGUNTAS	Opciones	1º ESO (21 alumnos)		2º ESO (19 alumnos)		3º ESO (30 alumnos)		4º ESO (26 alumnos)		1º Bachiller (21 alumnos)		Total (117 alumnos)	
		Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
¿Cuántas veces sueles ir al laboratorio al año?	Ninguna	0	0	0	0	3	10	22	85	3	14	28	24
	1 o 2 veces	21	100	19	100	27	90	4	15	18	86	89	76
	3 o 4 veces	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5 o mas veces	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
¿Te gustaría ir más veces al laboratorio?	Si	21	100	19	100	30	100	26	100	21	100	117	100
	No	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
¿Qué porcentaje de tiempo le dedicarías a las prácticas de laboratorio?	0%	0	0	0	0	2	7	4	15	1	5	7	6
	25%	12	57	9	47	5	17	10	38	7	33	43	37
	50%	7	33	7	37	12	40	9	35	13	62	48	41
	75%	2	10	0	0	7	23	2	8	0	0	11	9
	100%	0	0	3	16	4	13	1	4	0	0	8	7
¿Crees que a partir de una práctica de laboratorio podrías descubrir la teoría?	Si	16	76	18	95	28	93	26	100	21	100	109	93
	No	5	24	1	5	2	7	0	0	0	0	8	7
¿Crees que se aprende mejor desde el laboratorio (practicando) o desde clase (teoría)?	Desde el laboratorio	3	14	6	32	19	63	9	35	10	48	47	40
	Desde clase	4	19	1	5	0	0	0	0	0	0	5	4
	Desde los dos por igual	14	67	12	63	11	37	17	65	11	52	65	56

¿Crees que se podría usar el laboratorio en otras asignaturas?	Si	4	19	1	5	2	7	19	73	17	81	43	37
	No	17	81	18	95	28	93	7	27	4	19	74	63
¿Has realizado alguna vez prácticas de campo?	Si	3	14	5	26	4	13	3	12	6	29	21	18
	No	18	86	14	74	26	87	23	88	15	71	96	82
¿Crees que se <u>aprende</u> más en el campo (observación) o en clase (teoría)?	En el campo	3	14	4	21	15	50	9	35	11	52	42	36
	En clase	12	57	4	21	4	13	1	4	2	10	23	20
	En los dos por igual	6	29	11	58	11	37	13	50	8	38	49	42
¿Crees que hacer prácticas de Biología o Ciencias Naturales puede ayudarte en tu vida cotidiana?	Si	20	95	19	100	27	90	23	88	17	81	106	91
	No	1	5	0	0	3	10	3	12	4	19	11	9
¿Crees que hacer prácticas de Biología o Ciencias Naturales puede ayudarte en tus futuros estudios?	Si	20	95	19	100	29	97	23	88	18	86	109	93
	No	1	5	0	0	1	3	3	12	3	14	8	7

2.3. Tabla 6: Resultados del examen (El examen puede consultarse en el anexo 8).

Número alumno/a	Nota examen	Nota investigación	Nota final	Nota media
1	8,9	1	9,9	7,3295
2	8,83	0,7	9,53	
3	6,57	0,9	7,47	
4	7,11	0,9	8,01	
5	8,22	0,8	9,02	
6	8	0,8	8,8	
7	4,35	1	5,35	
8	6,48	0,7	7,18	
9	6,67	0,8	7,47	
10	4,33	0	4,33	
11	2,95	0,9	3,85	
12	7,72	0,8	8,52	
13	5,15	1	6,15	
14	5,56	0,7	6,26	
15	5,95	0,9	6,85	
16	7,34	0,8	8,14	
17	6,02	0	6,02	
18	6	0,9	6,9	
19	6,62	1	7,62	
20	8,42	0,8	9,22	

2.4. Tabla 7: Comparación de los test antes y después del proceso investigativo (Preguntas de la 1 a la 10).

		1º ESO (21 alumnos)				
PREGUNTAS	Opciones	Inicio	Porcentaje	Final	Porcentaje	Diferencia
1. ¿Cuántas veces sueles ir al laboratorio al año?	Ninguna	0	0	0	0	0
	1 o 2 veces	21	100	18	86	-14
	3 o 4 veces	0	0	3	14	14
	5 o más veces	0	0	0	0	0
2. ¿Te gustaría ir más veces al laboratorio?	Si	21	100	21	100	0
	No	0	0	0	0	0
3. ¿Qué porcentaje de tiempo le dedicarías a las prácticas de laboratorio?	0%	0	0	0	0	0
	25%	12	57	5	24	-33
	50%	7	33	12	57	24
	75%	2	10	2	10	0
	100%	0	0	2	10	10
4. ¿Crees que a partir de una práctica de laboratorio podrías descubrir la teoría?	Si	16	76	18	86	10
	No	5	24	3	14	-10
5. ¿Crees que se <u>aprende</u> mejor desde el laboratorio (practicando) o desde clase (teoría)?	Desde el laboratorio	3	14	4	19	5
	Desde clase	4	19	2	10	-10
	Desde los dos por igual	14	67	15	71	5
6. ¿Crees que se podría usar el laboratorio en otras asignaturas?	Si	4	19	9	43	24
	No	17	81	12	57	-24
7. ¿Has realizado alguna vez prácticas de campo?	Si	3	14	19	90	76
	No	18	86	2	10	-76
8. ¿Crees que se <u>aprende</u> más en el campo (observación) o en clase (teoría)?	En el campo	3	14	6	29	14
	En clase	12	57	5	24	-33
	En los dos por igual	6	29	10	48	19

9. ¿Crees que hacer prácticas de Biología o Ciencias Naturales puede ayudarte en tu vida cotidiana?	Si	20	95	19	90	-5
	No	1	5	2	10	5
10. ¿Crees que hacer prácticas de Biología o Ciencias Naturales puede ayudarte en tus futuros estudios?	Si	20	95	21	100	5
	No	1	5	0	0	-5

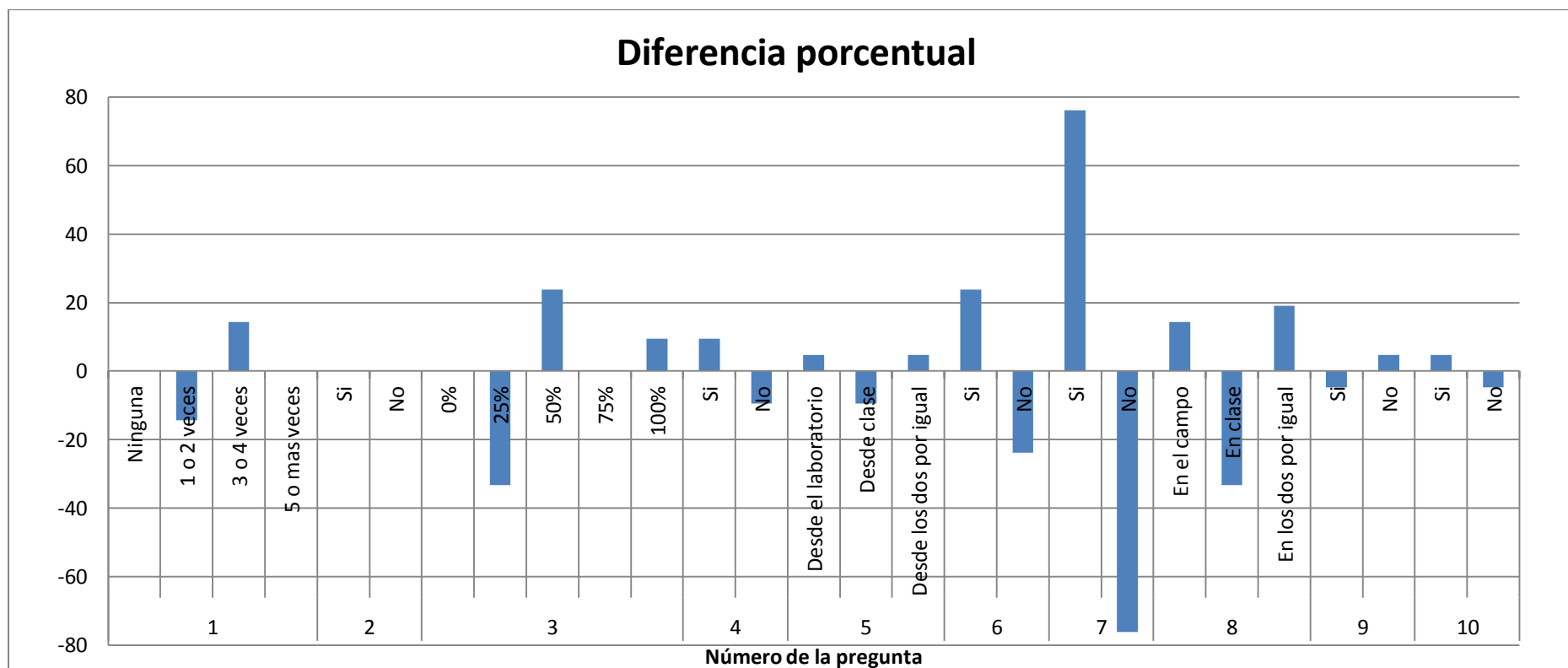


Figura IV. Diferencia porcentual obtenida de la diferencia entre los datos previos al proceso investigativo y los posteriores respecto a las preguntas de la 1 a la 10.

2.5. Tabla 8: Comparación de los test antes y después del proceso investigativo (Preguntas de la 11 a la 19).

		1º ESO (21 alumnos)				
		Inicio	Porcentaje	Final	Porcentaje	Diferencia
11. ¿Todos los animales se mueven?	Si	19	90	17	81	-10
	No	2	10	4	19	10
12. ¿Todos los animales tienen huesos?	Si	2	10	0	0	-10
	No	19	90	21	100	10
13. ¿Todos los animales tienen cabeza?	Si	11	52	11	52	0
	No	10	48	10	48	0
14. ¿Todos los animales tienen pulmones?	Si	2	10	4	19	10
	No	19	90	17	81	-10
15. ¿Comen las medusas?	Si	20	95	21	100	5
	No	1	5	0	0	-5
16. ¿Las gambas y las cucarachas pertenecen al mismo reino?	Si	6	29	17	81	52
	No	15	71	4	19	-52
17. ¿Todos los animales son simétricos?	Si	4	19	1	5	-14
	No	17	81	20	95	14
18. ¿Hay animales sin patas?	Si	18	86	21	100	14
	No	3	14	0	0	-14
19. ¿Puede un animal reproducirse por sí mismo? (Sin la necesidad de otro animal del otro sexo)	Si	19	90	21	100	10
	No	2	10	0	0	-10

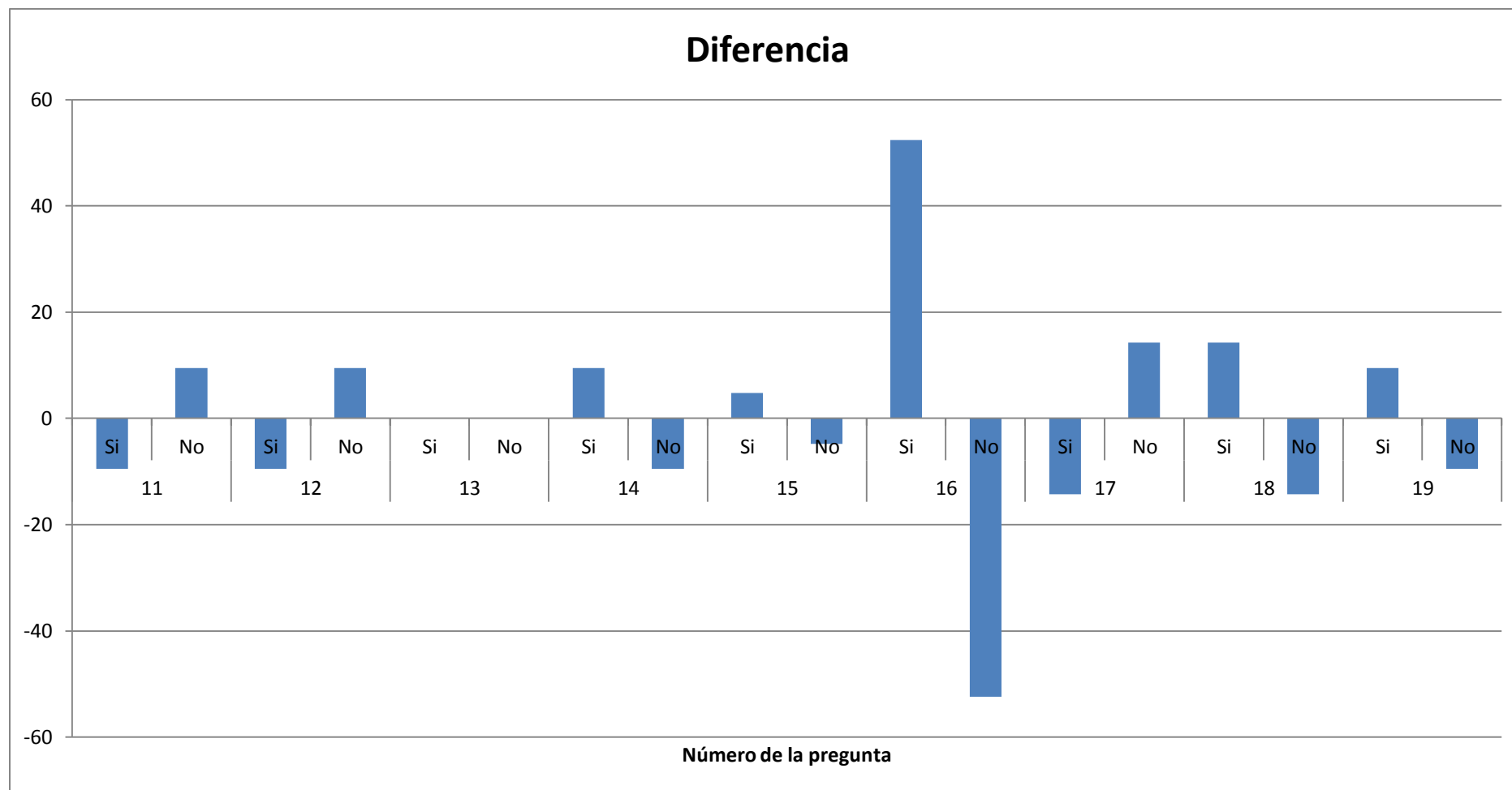


Figura V. Diferencia porcentual obtenida de la diferencia entre los datos previos al proceso investigativo y los posteriores respecto a las preguntas de la 11 a la 19.

Discusión de los resultados.

Los objetivos de esta investigación fueron tres y, por lo tanto, hablaremos de los resultados obtenidos en función de los objetivos para, finalmente, establecer un análisis discursivo de los mismos y establecer la conclusión final.

-Objetivo 1. Comprobar cuan significativo es el sistema educativo actual en función a un tema determinado (Animales invertebrados) para, posteriormente, poder sacar conclusiones más generales a través de un procedimiento hipotético deductivo.

Los resultados determinan que, los alumnos de cursos superiores, siguen recordando muchos de los conceptos estudiados en 1º de ESO. Sin embargo, hay conceptos realmente importantes que no se terminan de asimilar, como es el caso de que “no todos los animales se mueven”. Los alumnos tienen tendencia de asociar el movimiento a los animales y, la ausencia del mismo, a las plantas. De esta forma, el 61% de los alumnos siguen pensando que todos los animales se mueven, lo que es un error muy extendido en todos los cursos, aunque en 1º de bachiller podemos ver un cambio de tendencia hacia mejor.

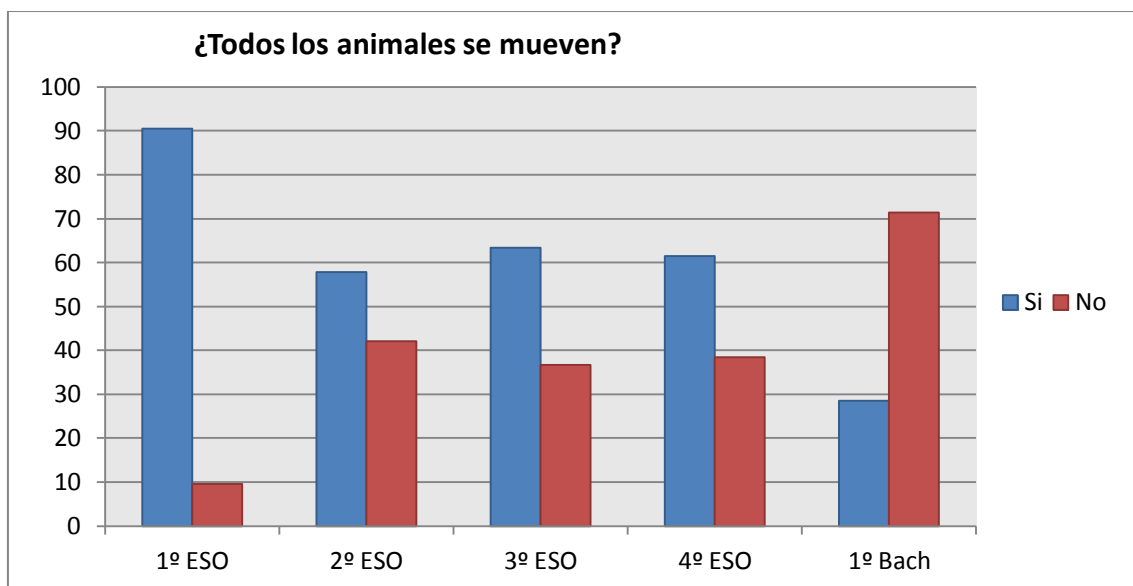


Figura VI – Comparativa porcentual de las respuestas a la pregunta 12 (¿Todos los animales se mueven?).

La tendencia a la Cefalización también produce algunos problemas en los alumnos, aunque menos que el *movimiento animal*. Se observa que en el primer curso la tendencia no está clara pero, con el paso del tiempo, se termina decantando hacia la realidad (No todos los animales tienen cabeza). Este error tan común viene determinado por la idea platónica de *animal*, en la que se asocia este concepto a un prototipo estándar con el que más se está relacionado.

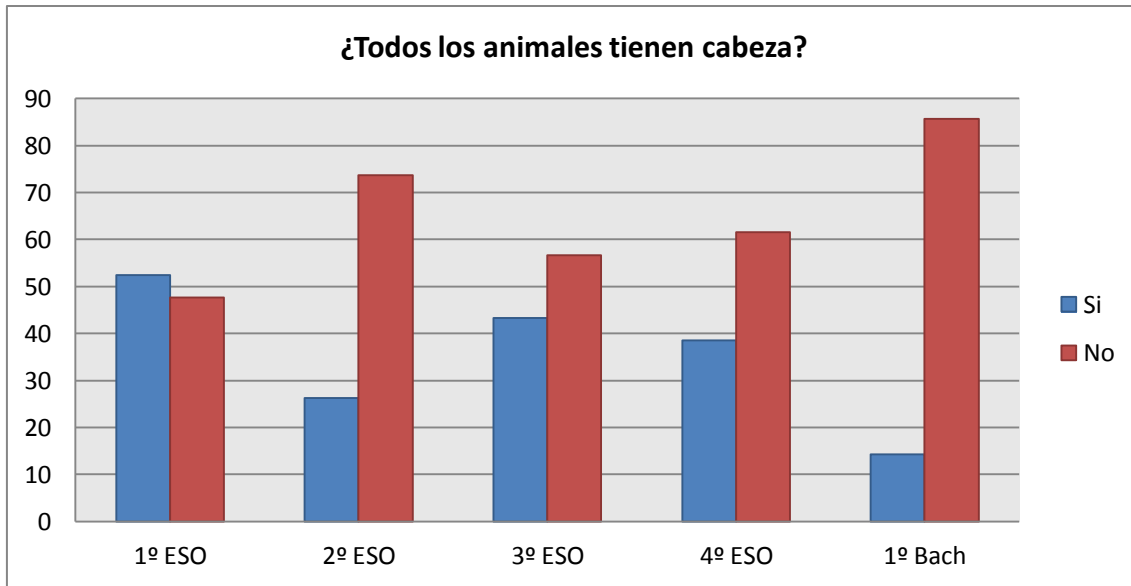


Figura VII – Comparativa porcentual de las respuestas a la pregunta 14 (¿Todos los animales tienen cabeza?).

Sin embargo, el concepto más problemático es el de *Reino*. En las tablas se puede observar que, ni siquiera en los niveles superiores, los alumnos responden correctamente a la pregunta, lo que nos demuestra que el estudio de la escala taxonómica presenta serias dificultades en su estudio. Actualmente, la clasificación de los organismos sigue una jerarquización diferente a la que se estudia en secundaria, sin embargo, esta ordenación es demasiado compleja para los cursos más bajos al basarse en criterios moleculares. Se deja así la puerta abierta a futuras investigaciones que traten de adaptar la escala taxonómica vigente a los centros de secundaria. Mientras tanto, se deberá hacer hincapié en el concepto de Reino animal para no incidir en estos errores.

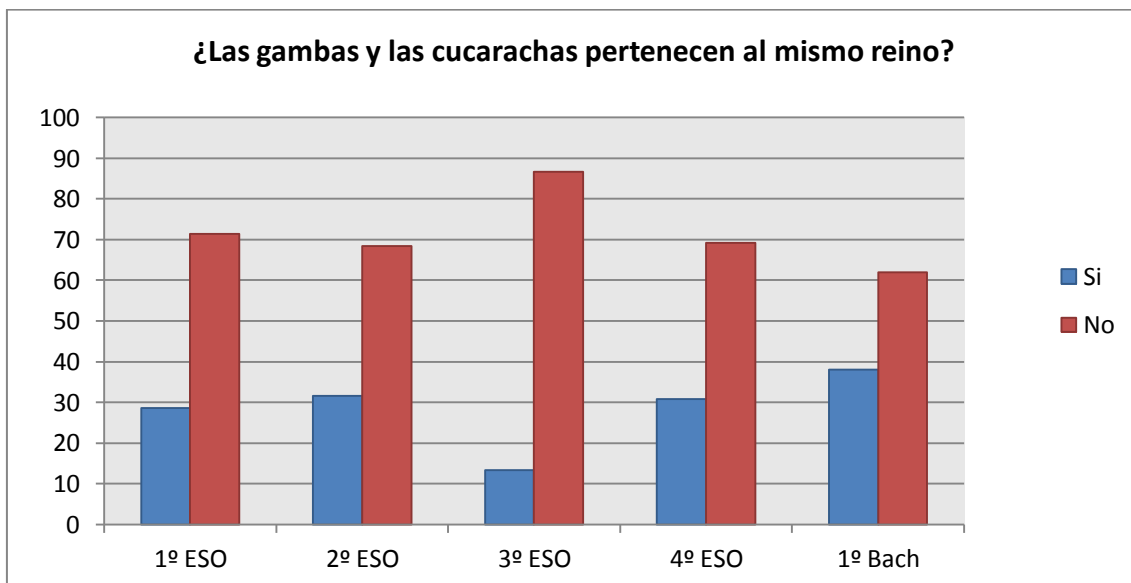


Figura VIII - Comparativa porcentual de las respuestas a la pregunta 17 (¿Las gambas y las cucarachas pertenecen al mismo reino?).

En la pregunta ¿todos los animales se mueven? y en la de ¿todos los animales tienen cabeza? no obtuvimos cambios significativos después de aplicar el proceso investigativo debido a la investigación de un alumno en la que concluyó que, las esponjas se mueven 3 mm al año y que presentaban zonas diferenciadas como el ósculo y el atrio, lo que supuso que los alumnos interpretaran que todos los animales se mueven y que todos tienen cabeza. Este hecho demuestra que han hecho más caso a sus investigaciones autónomas que a las charlas del profesor, seguramente debido a que la apropiación de los conocimientos es mayor tras su investigación autónoma.

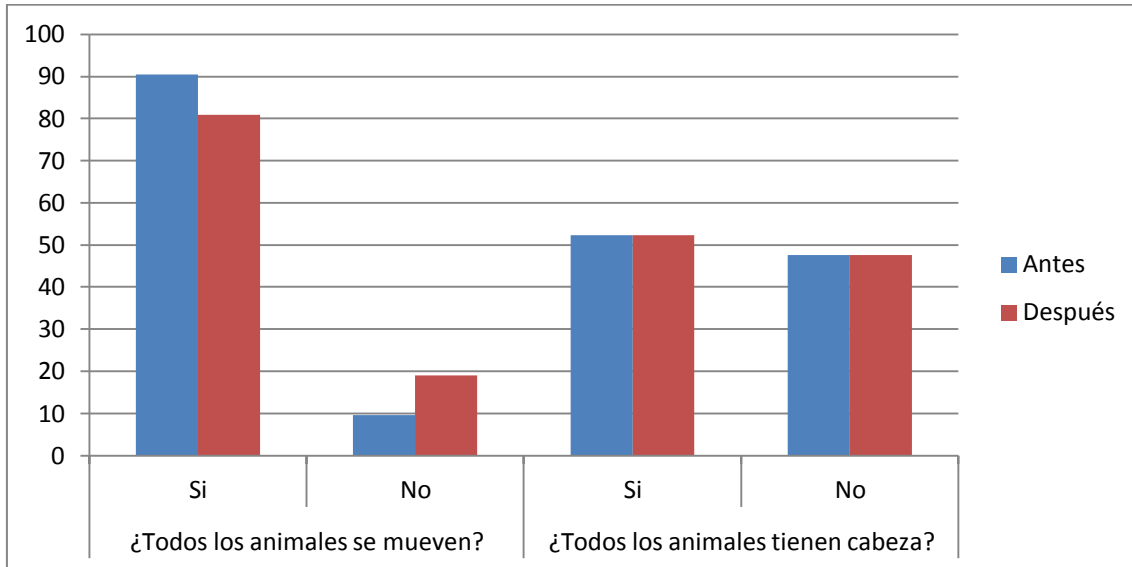


Figura IX – Comparativa porcentual, antes y después de realizar la investigación en clase, de las preguntas 12 y 14 (¿Todos los animales se mueven? y ¿Todos los animales tienen cabeza?; respectivamente).

Sin embargo, en la pregunta de si las gambas y las cucarachas pertenecen al mismo reino los resultados fueron más que positivos.

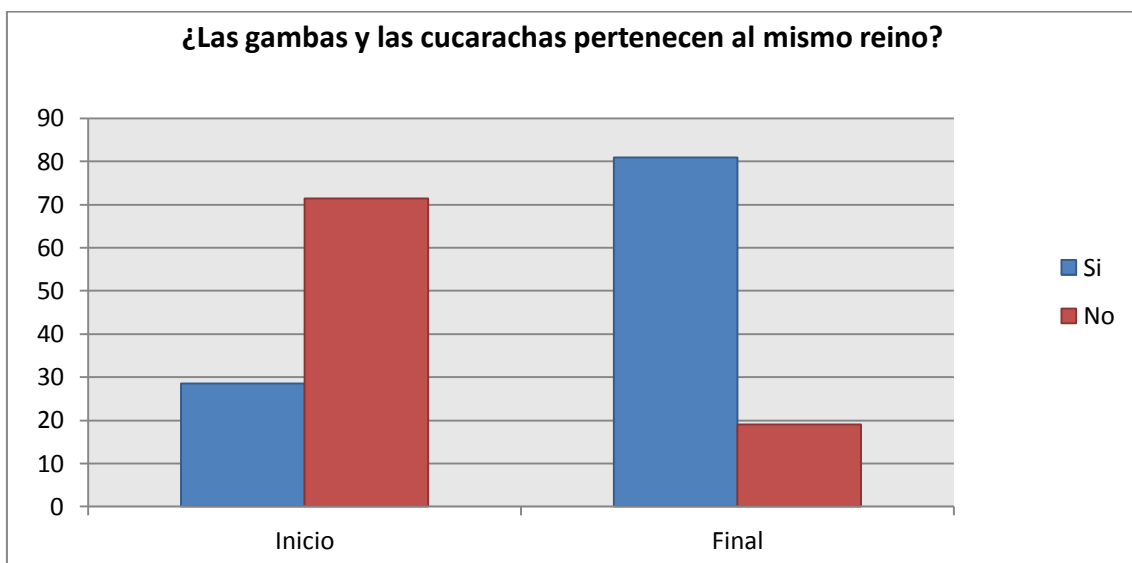


Figura X - Comparativa porcentual, antes y después de realizar la investigación en clase, de las respuestas a la pregunta 17 (¿Todos los animales se mueven?)

-Objetivo 2. Comprobar la percepción de los estudiantes en función al proceso práctico-investigativo haciendo hincapié en factores motivacionales y su propia concepción del aprendizaje.

Los alumnos han manifestado que apenas suelen ir al laboratorio, un 76% de ellos han ido 1 o 2 veces al año mientras que el 24% restante no ha ido ni una sola vez, por lo que al 100% de los alumnos les gustaría ir más veces; algo parecido pasa con las prácticas de campo (el 82% de los alumnos afirman que nunca han realizado alguna) Estos datos demuestran que los alumnos se sienten realmente motivados por el trabajo de laboratorio, al contrario de lo que afirman diversos autores. En lo que encontramos variaciones es en el porcentaje de tiempo que los alumnos dedicarían al proceso práctico aunque normalmente oscila entre el 25% y el 50% del tiempo de clase, lo que nos da que pensar que los alumnos ven el proceso práctico como complementario y subyacente al teórico y no como un proceso principal.

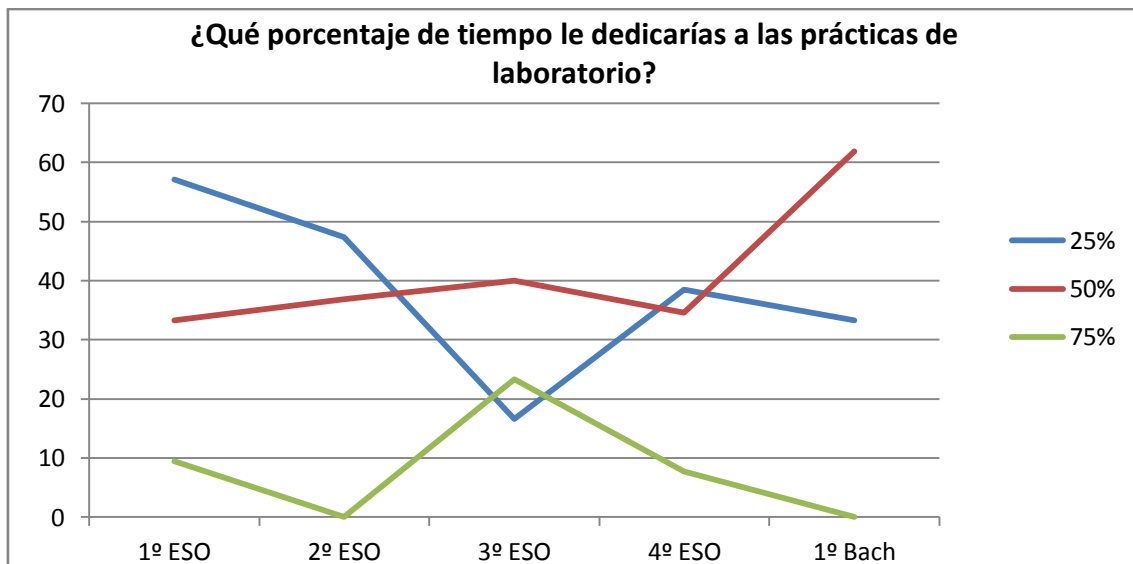


Figura XI –Variación del tiempo que los alumnos dedicarían a las prácticas en función a su curso.

A pesar de ello, los alumnos son conscientes de la importancia de las prácticas en Biología tanto para su vida cotidiana como para su futuro (91% y 93% respectivamente), también son conscientes de la importancia del proceso práctico para su aprendizaje, lo que denota que más del 93% de los alumnos creen que serían capaces de descubrir la teoría a través del proceso práctico, lo que además, apoya la teoría del aprendizaje por descubrimiento guiado de Brunner.

En cuanto a donde creen los alumnos que se aprende mejor, sólo en el primer curso se antepone la clase de teoría al trabajo de laboratorio.

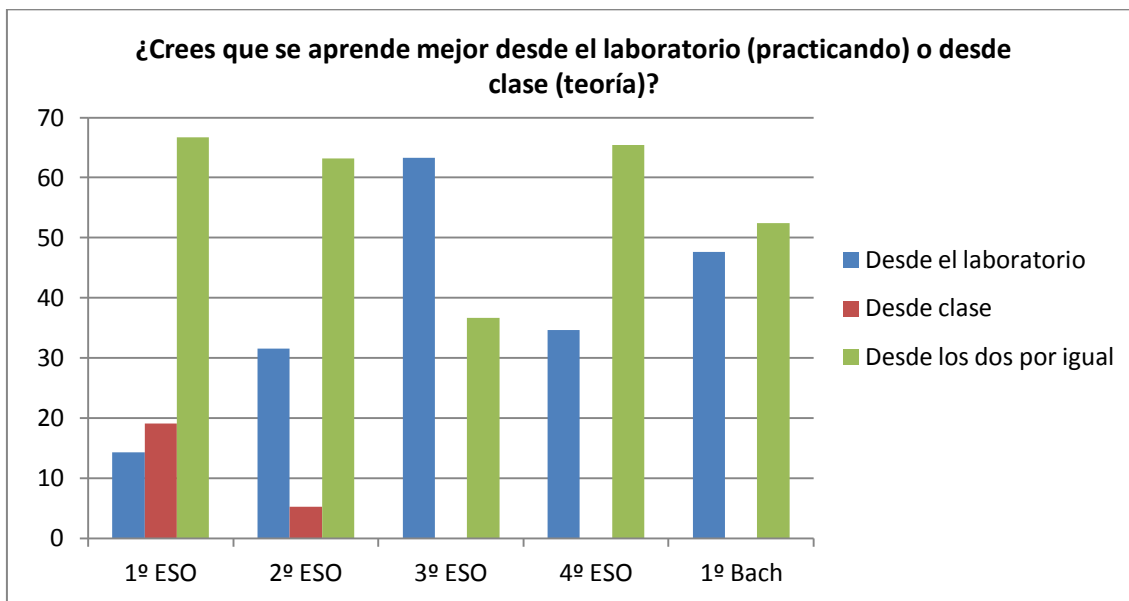


Figura XII – Opinión de los alumnos acerca de donde aprenden mejor, en el laboratorio (investigación), en el aula (clase teórica tradicional) o en los dos por igual.

Algo parecido pasa cuando se pregunta sobre la investigación de campo, aunque los datos no se acentúan tanto a favor de la investigación. De hecho podemos encontrar defensores del proceso teórico de clase en todos los niveles, al contrario que pasaba cuando comparábamos la teoría con la investigación de laboratorio.

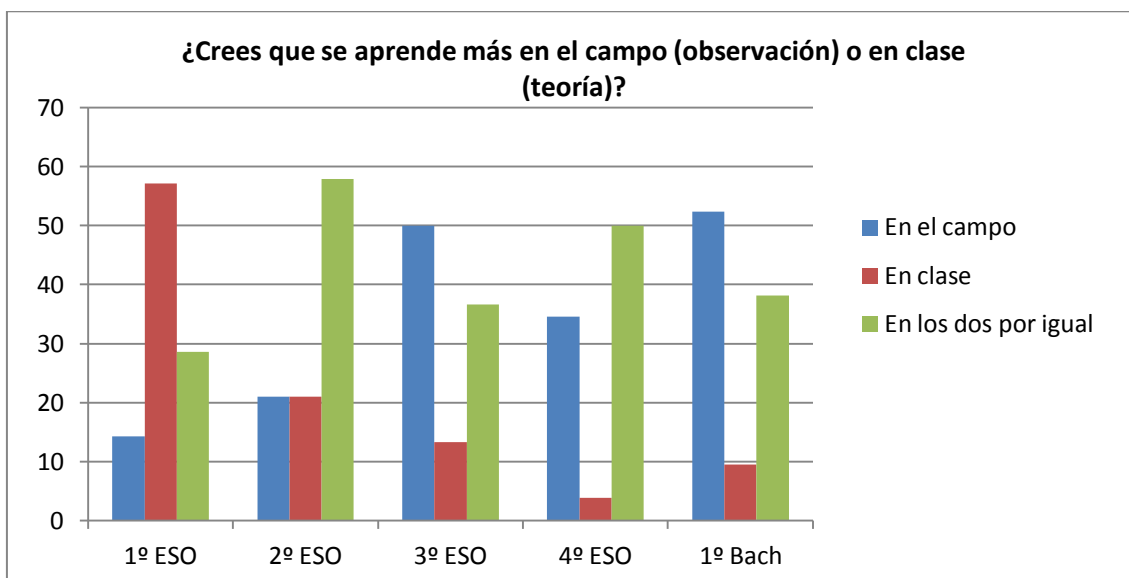


Figura XIII - Opinión de los alumnos acerca de donde aprenden mejor, en el campo (observación), en el aula (clase teórica tradicional) o en los dos por igual.

Finalmente, los datos demuestran que los alumnos carecen de la experiencia necesaria en el proceso investigativo para poder extrapolar los beneficios del mismo a otras ciencias. Sin embargo, conforme van “madurando” en su actividad científica, van siendo conscientes de este hecho.

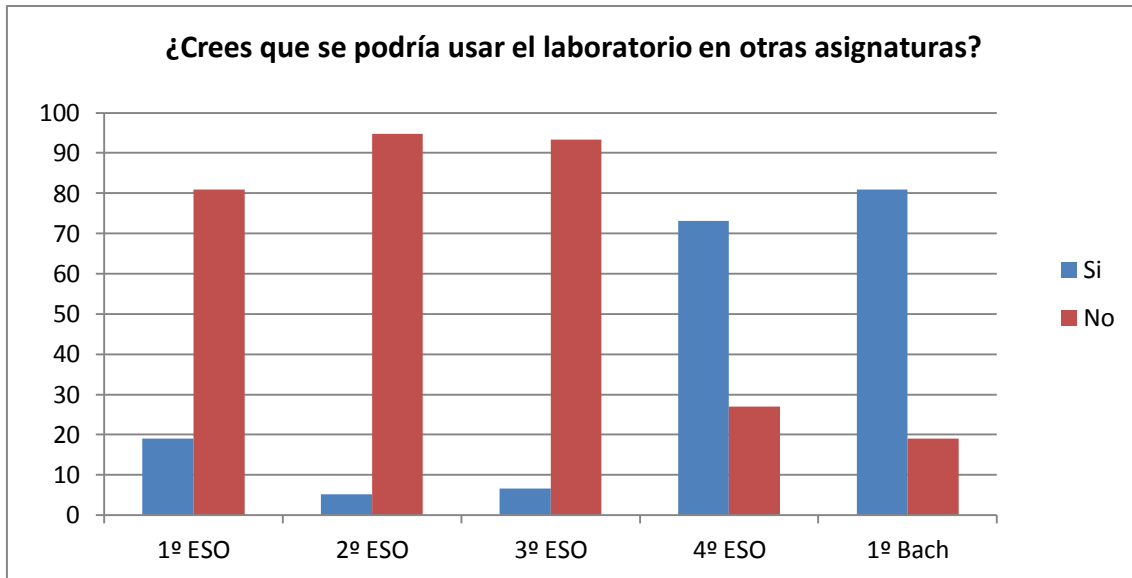


Figura XIV – Concepción de los alumnos acerca de la extrapolación de las prácticas de laboratorio a otras asignaturas

-Objetivo 3. Comprobar la coherencia real de la propuesta investigativa en un centro de secundaria para apoyar o discernir de las opiniones de los apartados anteriores.

Como pudimos ver, el proceso investigativo manifestaba algunas dudas sobre su aplicabilidad en los centros de secundaria. De este modo, hicimos un repaso por los principales estudios al respecto para conocer todos los aspectos que pueden hacer de la metodología investigativa, una propuesta coherente o no.

Estos aspectos fueron el tiempo, la inversión económica, el nivel psicológico, el currículum oficial y la formación del profesorado y, basándonos en los resultados podemos concluir lo siguiente:

1º Respecto al tiempo.

El tiempo empleado para el desarrollo práctico de este tema ha sido de 8 sesiones de 50 minutos cada una. Este tiempo es algo mayor que el que se emplearía en una clase magistral teórica (de 6-7 sesiones), aunque no es significativamente superior. Hay que tener en cuenta que se ha perdido tiempo en desplazamientos al laboratorio, en la realización de prácticas de campo y en juegos didácticos; de este modo podemos concluir que la propuesta investigativa es coherente con el tiempo de docencia, sin embargo y, para hacer una pequeña puntualización, el tiempo invertido en la preparación de las

clases ha sido prácticamente superior que en la realización de las mismas, por lo que concluimos diciendo que, aunque la propuesta sea coherente con el tiempo de docencia, no lo termina siendo con el del profesor.

2º Respecto a la inversión económica.

El material empleado en el desarrollo de la investigación fue escaso.

-Para la investigación de clase se usaron diversos recursos electrónicos (TICs) como el ordenador.

-Para la investigación de laboratorio se empleó una serie de materiales docentes (ver punto anterior) en el que la inversión económica fue de unos 20 euros aproximadamente. También se emplearon lupas electrónicas (154 euros) y virtuales (30 euros).

-Para la investigación de campo se emplearon vasos de plástico, una cuchara para cavar y agua con azúcar; lo que supuso una inversión económica de 5 euros.

Teniendo en cuenta que las lupas electrónicas son un material de “largo tiempo”, exceptuaremos su valor. De este modo, se ha empleado 55 euros en la realización de nuestras investigaciones, lo que demuestra que es una propuesta coherente a nivel económico.

3º Nivel psicológico.

Esta investigación corre a cuenta de alumnos/as de la primera fase de secundaria (13 años) y ha dado sus frutos. De este modo, si la investigación con los alumnos más jóvenes e inexperimentados de secundaria es factible, también lo será con los alumnos de cursos superiores.

4º Currículum oficial.

A través de esta investigación se han cumplido todos los estándares esperados en el desarrollo de ese tema, incluso con calificaciones muy positivas (7,33 de nota media). Tanto es así que, aparte de descubrir-enseñar todos los conceptos sin excepción, se han desarrollado todas las competencias inherentes al proceso investigativo.

5º Formación del profesorado.

Este punto ha sido difícil de dilucidar. Ha sido muy costoso reunir la información necesaria para formarnos en cuanto al proceso investigativo en el aula de secundaria porque, al igual que ocurre con el resto de docentes, somos fruto de una educación teórica tradicional. Sin embargo, la propuesta se ha podido llevar con normalidad empleando una formación constante prácticamente a diario.

3. Conclusiones.

Partimos de una hipótesis en la que pretendíamos poner a prueba la naturaleza del proceso investigativo para ver si era posible dar un salto secular al llevarlo a la educación y, coincidimos en decir, que los resultados son tajantes en cuanto a los objetivos establecidos, por lo que no cabe lugar a confusión. De esta forma, podemos afirmar con rotundidad que el **proceso investigativo** puede considerarse un proceso totalmente válido a tener en cuenta a la hora de implantar una metodología innovadora.

En cuanto a los beneficios que hemos podido observar, se puede afirmar que este método podría utilizarse para remediar o mejorar la situación escolar actual. Además, concluimos que la propuesta es coherente con los puntos estudiados y se puede llegar a pensar que, los resultados obtenidos en otras investigaciones pueden deberse a la diferencia entre nuestro contexto escolar y el de el resto de los investigadores o la no reforma del proceso evaluativo.

Si comparamos nuestro sistema educativo con el sistema por excelencia, el finlandés, se hace patente que nuestra metodología va décadas por detrás. Las diez claves de la educación finlandesa (anexo 9) proporcionan el éxito contundente de su sistema educativo y es obvio que el sistema educativo español no se parece en nada a este. Sin embargo, la implantación de una metodología práctica-investigativa en los centros de secundaria podría ser una herramienta puente para el cambio de modelo. De las 10 claves de la educación finlandesa, la implantación del modelo que aquí se estudia, podría alcanzar las claves 4, 5, 6, 7, 8 y 9; lo que supondría un avance significativo en nuestro sistema educativo, dejando la puerta abierta para el desarrollo del resto de claves mediante decretos gubernamentales.

Con estos párrafos queríamos dejar claro que otra metodología es posible, sin embargo, y a pesar de los resultados positivos de la metodología investigativa, no se ha producido un cambio acorde en la educación, lo que nos lleva a pensar que, o se tiene *miedo* por si los resultados no terminan estando a la altura y esto puede repercutir sobre toda una generación, o si realmente no interesa una educación efectiva porque nos conviene más quedarnos en nuestra zona de confort. Tal vez deberíamos concluir diciendo que quién no arriesga no gana, pero también, quien no arriesga no pierde.

"Me lo contaron y lo olvidé; lo vi y lo entendí; lo hice y lo aprendí"

- Confucio -

Bibliografía

Abrams, E. y Wandersee, J.H. (1995). How does biological knowledge grow? A study of life scientists' research practices. *Journal of Research in Science Education*.

Artigas, M. (1989): Filosofía de la ciencia experimental. Introducción. España, Ediciones Universidad de Navarra.

Astolfi, J.P. (1994). El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, pp. 206-216.

Atkinson, E.P. (1990). Learning scientific knowledge in the student laboratory. Londres: Routledge.

Barberá, O. y Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. pp 265-379.

Boud, D.J., Dunn, J., Kennedy, T. y Thorley, R. (1980). The aims of science laboratory courses: a survey of students, graduates and practising scientists. *Journal of Science Education*, 2, pp. 416-431.

Brickhouse, N.W., Stanley, W.B. y Whitson, J.A. (1993). Practical reasoning and science education: implications for theory and practice. *Science and Education*, 2, pp. 363-375

Bryce, T.G.K. y Robertson, I.J. (1985). What can they do? A review of practical assessment in science.. *Studies in Science Education*, 12, pp. 1-15.

Buchan, A.S. (1992). Practical assessment in GCSE science: The diversity of the examination groups practices. *School Science Review*, 265 pp. 19-31.

Caamaño, A. (1992). Los trabajos prácticos en ciencias experimentales. Una reflexión sobre sus objetivos y una propuesta para su diversificación. *Aula de innovación educativa*, 9, pp. 59-70.

Cawthron, E.R. y Rowell, J.A. (1978). Epistemology and science education. *Studies in Science Education*, 5, pp.51-59.

Clackson, S.G. y Wright, D.K. (1992). An appraisal of practical work in science education. *School Science Review*. 266, pp. 39-42

Clement, J. (1993). Using Bridging Analogies and Anchoring Intuitions to Deal with Students. Preconceptions in Physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, pp. 1041-1057.

Cuban, Larry (1993). *How teachers Taught: Constancy and Charge in American Classroom*. Nueva York: Teacher College press.

Deboer, G.E. (1991). *A History of Ideas in Science Education: Implications for Practice*. Nueva York: Teachers College Press.

Domingo Coscollota, M. y Hernández-Hernández, F. Indagar en compañía. Cuadernos de pedagogía N°453, febrero 2015, p 58.

Doran, R.L., Lawrenz, F. y Hegelson, S. (1994). Research on assessment in science. *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Nueva York: Macmillan

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75, pp. 650-672.

Echeverría, Javier. (1999) *Introducción a la Metodología de la Ciencia: la Filosofía de la Ciencia en el siglo XX*, Madrid: Cátedra

Edwin G. García A. y Estany A. (2010). Philosophy of Experimental Practices and Science Teaching. pp 10-24.

Epstein, Gerald (1989). *Healing Visualizations: Creating Health Through Imagery*. Bantam Books. New York 1989, p 7

Estany, A. y Izquierdo, M. (2001): Didactología: una ciencia de diseño. *Endoxa*

Estany, (2007). El impacto de las ciencias cognitivas en la filosofía de la ciencia. *Revista de Filosofía de la Universidad del Norte*. Pp. 1-40.

Fleck (1986). *La génesis y el desarrollo de un hecho científico. Introducción a la teoría del estilo de pensamiento y del colectivo de pensamiento*, Madrid: Alianza Editorial.

Friedler, Y. y Tamir, P. (1986). Teaching basic concepts of scientific research to high school students. *Journal of Biological Education*, 20, pp. 262-266.

Galison (1987). *How Experiments End* Chicago: University of Chicago Press.

Galison (1997). *A Material Culture of Microphysics*. Chicago: University of Chicago Press.

García, P. y Sanmartí, N. (1998). Las bases de orientación: un instrumento para enseñar a pensar teóricamente en biología. *Alambique*, 16, pp. 8-20

Gardner, P. y Gauld, C. (1990). The student laboratory and the science curriculum. Londres: Routledge.

Garret, R.M. y Roberts, T.F. (1982). *Demonstration versus small group practical work in science education: A critical review of studies since 1900*. Studies in Science Education, 9, pp. 112-143.

Gee, B. y Clackson, S.G. (1992). The origin of practical work in the English school science curriculum. *School Science Review*, 73 (265), pp. 79-83.

Giere, R. (1988). Explaining Science. A Cognitive Approach. Chicago: University of Chicago Press.

Greca, I. y Moreira, M. (1998). Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 16, pp. 289-303.

Hacking, Ian (1983). Representing and Intervening. Cambridge: Cambridge University Press.

Hacking, Ian (1996). Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science. Cambridge: Cambridge University Press.

Hanson, N. R. (1958). Patterns of Discovery: An Inquiry into the Conceptual Foundations of Science. Cambridge University Press.

Hernández-Hernández, F. y Sancho Gil, J.M. (2015). Aprender a investigar con jóvenes de secundaria. Cuadernos de pedagogía, N° 453, pp 86-87

Hodson, D. (1985). Philosophy of Science, Science and Science Education. *Studies in Science Education*, 12, pp. 25-57.

Hodson, D. (1992). Assessment of practical work. Some considerations in philosophy of science. *Science and Education*, 1, pp. 115-144.

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, pp. 299-313.

Hofstein, A. y Lunetta, V.N. (1982). The role of laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52, pp. 201-217.

Igelsrud, D. y Leonard, W.H. (1988). What research says about biology laboratory instruction. *The American Biology Teacher*, 50, pp. 303-306.

Iglesias, M. (2004): El giro hacia la práctica en filosofía de la ciencia: una nueva perspectiva de la actividad experimental. *Revista de ciencias humanas y sociales*, No. 20.

Izquierdo, M. et al. (1998). Projecte «Ciències 12-16». Barcelona: Departamento de Enseñanza.

Izquierdo, P. y Sanmartí, N. (1998). Las bases de orientación: un instrumento para enseñar a pensar teóricamente en biología. *Alambique*, 16, pp. 8-20.

Izquierdo, P. Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias*, 1999, 17 (1), pp 45-59.

Jorba, J. y Sanmartí, N. (1996). Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua. Propuestas didácticas para las áreas de ciencias de la naturaleza y matemáticas. Madrid: MEC

Kerr, J.F. (1963). Practical work in school science. Leicester: Leicester University Press.

Kirschner, P.A. (1992). Epistemology, practical work and academic skills in science education. *Science and Education*, 1, pp. 273-299.

Kirschner, P.A., Meester, M., Middlebeek, E. y Hermans, H. (1993). Agreement between students expectations, experiences and actual objectives of practicals in the natural sciences at the Open University of the Netherlands. *International Journal of Science Education*, 15, pp. 164-189.

Kuhn, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.

Latour, B. (1987) *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineering through Society*. Cambridge: Harvard University Press.

Layton, D. (1990). Student laboratory practice and the history and philosophy of science. *The student laboratory and the science curriculum*. Londres: Routledge.

Lederman, N.G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, pp. 33 1-359.

- Lewis, R.W. (1982). Theories, structure, teaching, and learning. *BioScience*, 32, pp. 733-739
- Lock, R. (1988). A history of practical work in school science and its assessment. *School Science Review*, 250, pp. 115-119.
- Márquez, C. e Izquierdo, M. (1993). The use of Theoretical Models in Science Teaching. The Paradigmatic Fact. Nueva York: Cornell University.
- Martínez, S. F. (2003). La autonomía de las tradiciones experimentales como problema epistemológico. *Crítica*, vol. 27, no. 80, agosto 1995, pp. 3-48.
- Martínez, S. y Huang, X. (2008). Introducción: hacia una filosofía de la ciencia centrada en prácticas. Pp 29-32.
- Mayer, W.V. (1986). Biology education in the United States during the Twentieth Century. *The Quarterly Review of Biology*, 61, pp. 481-507
- Millar, R. (1991). A means to an end: The role of processes in science education. *Practical science*
- Nersessian, N. (1992). How Do Scientists Think? Capturing the Dynamics of Conceptual Change in Science. *Cognitive Models of Science*, pp. 3-44. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Neurath, O. (1913). The Lost Wanderer and the Auxiliary Motivation the Psychology of Decision. *Philosophical Papers*.
- Nieda, J. (1994). Algunas minucias sobre los trabajos prácticos en secundaria. *Alambique*, 2, pp. 15-20.
- Norris, S.P. (1995). Learning to live with scientific expertise: toward a theory of intellectual communalism for guiding science teaching. *Science Education*, 79, 201-217.
- Novak, J.D. (1978). *An alternative to Piagetian psychology for science and mathematics education*. Studies in Science Education, 5, pp. 1-25.
- NRC (National Research Council) (1990). Biology education in the Nation's schools. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Ogborn, J., Kress, G. y Martin, I. (1996). *Explaining Science*. Londres: The Open University Press.

Ordóñez, J. y Ferreirós J. (2002): Hacia una filosofía de la experimentación. *Crítica. Revista hispanoamericana de filosofía*, Vol. 34, No 102, pp. 47-86.

Osborne, J. (1993). Alternatives to practical work. *SSR*, 75, pp. 117-123.

Pickering, A. (1992) *Science as Practice and Culture*, Chicago: University of Chicago Press.

Pickering, A. (1995): The mangle of practice. *Time, agency and science*, Chicago, The University of Chicago Press.

Polanyi, Michael (1964). *Science Faith and Society: A Searching Examination of the Meaning and Nature of Scientific Inquiry*. Chicago y Londres: University of Chicago.

Popper, K.R. (1935): *La lógica de la investigación científica*. Madrid.

Reif, F. y ST. John, M. (1979). Teaching physicists thinking skills in the laboratory. *American Journal of Physics*, 47, pp. 750-757.

Sanmartí, N. e Izquierdo, M. (1997). Reflexiones en torno a una ciencia escolar. *Investigación en la Escuela*, 32, pp. 51-62.

Schreiner C. y Schwantner U. (2009). Section 9.6 Comparison of Skills and Individual Characteristics of Waldorf Students. *PISA 2006: Austrian Report with a Focus on the Sciences*. Retrieved 2012-12-09.

SCIENCE (1996). Science Education: European Universities in transition. *Science*, 27 1(5249), pp. 681-701.

Shulman, L.E. y Tamir, P. (1973). *Research on teaching in the Natural Sciences*. Second Handbook Research of Teaching. Chicago: Rand McNally College Publishing.

Smyth, John y McInerney, Peter (2012). *From Silent Witnesses to Active Agents*. Nueva York: Peter Lang.

Stake, R.E. y Easley, J.A, Jr. (1978). *Case Stridies in Science Education*. Urbana-Champaign: University of Illinois.

Stoll,Louise; Fink, Dean y Earl, Lorna (2004). *Sobre el aprender y el tiempo que requiere*. Barcelona: octaedro.

Tamir, P. y García, M.P. (1992). Characteristics of laboratory exercises included in science textbooks in Catalonia. *Int. J. of Sci. Educ.*, 14, pp. 381-392.

Tamir, P. y Lunetta, V.N. (1978). An analysis of laboratory activities in the BSCS. *The American Biology Teacher*, 40, pp. 353-357.

Tamir, P. y Lunetta, V.N. (1981). Inquiry related tasks in high school science laboratory handbooks. *Science Education*, 65, pp. 477-484.

Tobin, K. (1986). Secondary science laboratory activities. *European Journal of Science Education*, 8, pp. 199-21.

Toulmin, Stephen. 1979. Can science and ethics be reconnected?. *Hastings Center Report*, 9(3): 27-34.

Tremlett, R. (1972). An investigation into the development of a programme of practical work for undergraduates in chemistry, 2 vol. University of East Anglia.

Turner, S. (1994) *The Social Theory of Practices: Traditions, Tacit Knowledge and Presuppositions*, Chicago, The University of Chicago Press.

Turner, S. (1999). Practice in Real Time. *Studies of History Philosophy Sciences*. Vol. 30, No. 1; pp. 149-156.

Watts, M. (1991). *The science of problem solving a practical guide for science teachers*. Londres: Cassell Educational.

White, R.T. (1979). Relevance of practical work to the comprehension of physics. *Physics Education*, 14, pp. 384-387.

White, R.T. (1991). Episodes and the purpose and conduct of practical work. *Practical science*. Milton Keynes: Open University Press.

Woolnough, B.E. (1991). Practical science as a holistic activity. *Practical science*. Milton Keynes: Open University Press.

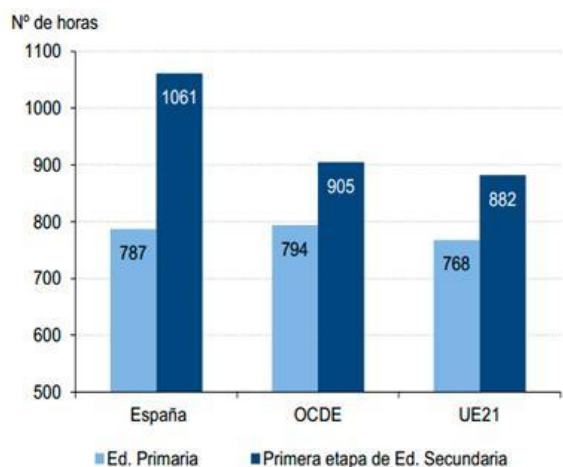
Woolnough, B.E. y Alsop, T. (1985). *Practical work in science*. Cambridge: Cambridge University Press

Woolnough, B. y Alsop, T. (1992). *Practical work in Science*. Cambridge: Cambridge University Press.

Anexos

1. Datos de abril de 2014 sobre el ejercicio de 2011.

Número de horas de instrucción obligatorias previstas en instituciones públicas (2014)



Tiempo medio (minutos/semana)



Número de horas de instrucción anuales		
	Ed. Primaria	Primera etapa de Ed. Secundaria
España	787	1061
OCDE	794	905
UE21	768	882
Francia	864	991
Grecia	783	785
Italia	891	990
Portugal	806	877
Alemania	683	866
Países Bajos	940	1000
Finlandia	632	844
Noruega	748	868
Suecia	754	754
México	800	1167
Inglaterra	861	912
Irlanda	915	935
Japón	762	895

Nota: los datos de Alemania y Japón corresponden a 2013.

		2000	2003	2006	2009	2012
Lectura	España	493			481	488
	OCDE	500			493	496
Matemáticas	España		485			484
	OCDE		500			494
Ciencias	España			488		496
	OCDE			500		501

2. Propuesta económica.

MATERIAL FÍSICO					
Página catálogo	Artículo	Precio unitario	Cantidad	Precio total	PRECIO FINAL
7	vaso precipitado 250 mL	0,74	15	11,1	2455,335
8	erlenmeyer 250 mL	1,43	15	21,45	
11	Mortero de vidrio 250 mL	9,64	5	48,2	
17	Matraz aforado 250 mL	3,53	15	52,95	
19	Probeta graduada 250 mL	7,59	15	113,85	
20	Pipeta serológica 25 mL	0,444	15	6,66	
24	Pipeta pasteur	0,051	15	0,765	
25	Aspirador manual para pipetas	4,96	15	74,4	
44	Papel de filtro	0,04	100	4	
50	Embudo rama corta	1,05	15	15,75	
59	Espátula-cuchara plana	1,03	15	15,45	
60	Tijeras	2,74	10	27,4	
60	Pinzas de laboratorio	2,76	10	27,6	
64	Bisturí	0,501	10	5,01	
64	Bandeja disección	7,51	5	37,55	
65	Placa de Petri	0,082	30	2,46	
66	Asa de siembra	0,04	15	0,6	
67	Placa de porcelana para tinción	1,74	5	8,7	
68	Portaobjetos	0,017	100	1,7	
70	Microscopio	154	10	1540	
82	Frasco cuentagotas 10 mL	0,11	15	1,65	
87	Gradilla	17,7	15	265,5	
93	tubo de ensayo 10 mL	0,36	50	18	
96	Eppendorf	0,021	100	2,1	
98	Gradilla para Eppendorf	7,76	5	38,8	
120	lámpara de alcohol	3,22	5	16,1	
136	Gafas de seguridad	2,33	30	69,9	
136	Mascarilla respiratoria	0,74	30	22,2	
139	Guantes de examen (caja 100)	5,49	1	5,49	

MATERIAL QUÍMICO					
Página catálogo	Artículo	Precio unitario	Cantidad	Precio total	PRECIO FINAL
148	Acetona (1L)	7,67	1	7,67	301,74
148	Ácido acético (1L)	9,63	1	9,63	
151	Ácido clorhídrico al 32%	8,1	1	8,1	
152	EDTA	13,21	1	13,21	
156	Ácido sulfúrico	12,9	1	12,9	
158	Agar (100g)	17,6	1	17,6	
159	Almidón (500g)	18,22	1	18,22	
159	Indicador de almidón	8,68	1	8,68	
164	Naranja de metilo (250 mL)	12,96	1	12,96	
165	Azul de metileno (100 mL)	6,57	1	6,57	
168	Carbonato cálcico (1 Kg)	16,92	1	16,92	
169	Ciclohexano (1L)	20,69	1	20,69	
174	Dietanolamina (1L)	20,29	1	20,29	
176	Etanol (1L)	12,81	1	12,81	
178	Extracto de levadura (500 g)	16,2	1	16,2	
181	Glucosa (500 g)	9,58	1	9,58	
182	Peróxido de hidrógeno (1 L)	7,25	1	7,25	
183	Hierro metal (500 g)	11,81	1	11,81	
185	Lactosa (1 Kg)	11,25	1	11,25	
191	Parafina líquida (1 L)	9,81	1	9,81	
199	Rojo congo	8,62	1	8,62	
201	Cloruro sódico (500 g)	4,32	1	4,32	
207	Soluciones patrón de conductividad	18,39	1	18,39	
210	Verde brillante	9,46	1	9,46	
210	Violeta cristal	8,8	1	8,8	

INVERSIÓN ECONÓMICA TOTAL		
Material físico	Material químico	Total
2455,335€	301,74€	2757,075€

3. Unidad didáctica

Área o Materia Ciencias Naturales	U.D. nº 1	Título de la Unidad Didáctica Los Animales I
---	---------------------	--

Temporalización Del 23 de marzo al 22 de abril de 2015	Nº de sesiones previstas 10
--	---------------------------------------

1.- Introducción

En esta unidad veremos los animales invertebrados. Es un tema del cual se puede sacar mucho partido, por lo que se realizará de la manera más motivadora posible e intentando llevar representantes de todo lo estudiado con el fin de realizar una metodología fundamentalmente práctica.

2. Objetivos didácticos	3.- Criterios de Evaluación
1. Conocer y saber nombrar los animales invertebrados.	Utilizan terminología en latín.
2. Conocer y explicar características generales y particulares de cada phylum.	Explican detalladamente y de una forma no memorística las características propias de cada phylum (reproducción, simetría, digestivo...).
3. Reconocer visualmente y clasificar los animales.	Es capaz de reconocer un animal a través de una foto o vídeo y clasificarlos atendiendo a sus características.
4. Investigar acerca de un phylum, en grupos de expertos y realizar una exposición.	La investigación es clara, concisa y en profundidad, utilizando vocabulario científico.
5. Realizar una exposición oral para reforzar y ampliar conocimientos.	La exposición se realiza sin apoyo en papel, usando vocabulario científico y de forma clara.
6. Manejar el material de laboratorio (animales) de forma responsable.	Reconocen de forma práctica las características y estructuras de los animales estudiados.

4.- Contenidos

Características generales de los animales: nutrición, relación, reproducción, simetría y cefalización.

Los poríferos: características generales, estructura, clasificación y especies representativas. Los coanocitos.

Los cnidarios: características generales, estructura, clasificación y especies representativas. Los cnidocitos.

Los platelmintos: características generales, estructura, clasificación y especies representativas.

Los nematodos: características generales, estructura, clasificación y especies representativas.

Los anélidos: características generales, estructura, clasificación y especies representativas.

Los moluscos: características generales, estructura, clasificación y especies representativas.

Los artrópodos: características generales, estructura, clasificación y especies representativas.

Los equinodermos: características generales, estructura, clasificación y especies representativas.

Temas transversales:	
Educación ambiental:	Conocer los animales que les rodea y la importancia de su conservación.
Estudio etimológico	Conocer el sentido de las palabras para evitar lo memorístico.
Educación cívica y moral:	Aprender la importancia de respetar a los animales y su hábitat.
Educación en la sexualidad:	Conocer los tipos de reproducción (sexual y asexual) y la humana como miembro del Reino Animal.

5.- Actividades tipo y tareas propuestas	Competencias básicas trabajadas							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Investigación en grupos de expertos	X	X	X	X			X	X
Exploración de los animales representantes del phylum			X	X		X		
Concurso (Gamificación) en grupos de expertos	X		X				X	X
Visualización de fragmentos de documentales actuales			X	X	X			
Comprensión etimológica de las palabras	X		X		X		X	
Práctica de campo: colocación de trampas de caída para invertebrados			X		X		X	X
Práctica de laboratorio: estudio de animales in-vivo			X		X		X	X

6.- Metodología	7.- Atención a la diversidad
Se adoptará un enfoque plurimetodológico en el que se primará el enfoque práctico y el aprendizaje por descubrimiento. Para empezar se irá a la raíz etimológica de las palabras para reducir la carga memorística y mejorar el aprendizaje significativo. Se establecerán grupos de expertos, de modo que cada grupo sea experto en un phylum (expertos en poríferos, por ejemplo) y además deberán realizar investigaciones de profundización y refuerzo del phylum seguidos de una exposición oral.	No se conoce ningún alumno en el aula con NEE. Aún así, se utiliza una metodología completa con lenguaje verbal y no verbal, con dibujos, vídeos y ejemplos, con el fin de acercar y facilitar los contenidos al alumno. Se utilizan refuerzos positivos para motivar al alumnado.

8.- Espacio y Recursos

Los espacios que se utilizarán serán el laboratorio y el aula, en los cuales se establecerá una organización flexible de los grupos para facilitar las investigaciones. Los recursos que se emplearán son muy diversos: animales en metacrilato, animales disecados, documentales, un porífero natural, materiales del laboratorio, presentaciones ppt, entre otros.

9.- Procedimientos de evaluación

Actividades diarias de control del estudio
Investigación en grupos de expertos
Exposición de las investigaciones
Diálogos y preguntas durante el tiempo de clase
Examen final de carácter práctico

10.- Instrumentos de Evaluación

Concurso de gamificación
Plantilla de criterios de corrección
Plantilla de criterios de corrección
Registro de las actividades de clase
Cuestionario final de la unidad

4. Materiales didácticos.



1- Phylum poríferos – Demosponja



2- Phylum moluscos, clase bivalvos



3-Phylum moluscos, clase gasterópodos



4- Phylum nematodos



5- Phylum Artrópodos, clase arácnidos



6- Observación mediante la lupa virtual del escorpión conservado en metacrilato de la derecha.



7- Phylum artrópodos, clase miriápodos. Escolopendra viva capturada en Andalucía



8- Phylum artrópodos, clase miriápodos. Escolopendra capturada en la práctica de campo



9- Phylum artrópodos, clase miriápodos. Escolopendra disecada rescatada del laboratorio



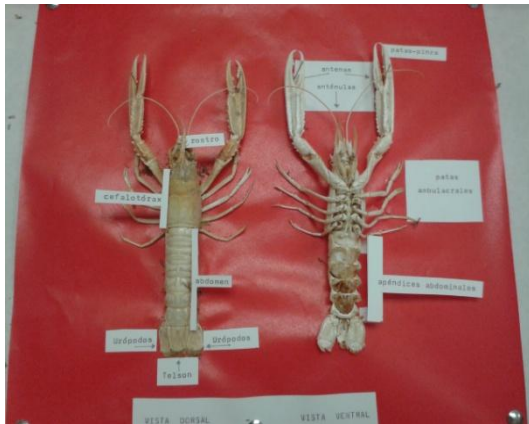
10- Phylum artrópodos, clase miriápodos. Milpies vivo capturado en la práctica de campo



11- Observación mediante la lupa virtual del milpies capturado en la práctica de campo



12- Terrario con animales vivos. Encontramos un anélido como la lombriz de tierra (1) y dos artrópodos, entre ellos una cochinilla de la humedad (2) y una escolopendra (3).



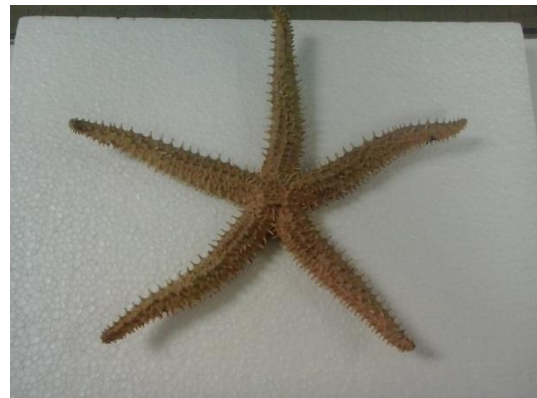
13- Phylum artrópodos, clase crustáceos.



14- Phylum artrópodos, clase insectos.



15- Animales reales en metacrilato usados para el desarrollo docente y como premio del concurso de gamificación.



16- Phylum equinodermos, estrella de mar.



17- Phylum equinodermos, ofiuroid.



18- Reino equinodermos, erizo de mar.

5. Fascículo de *National Geographic*

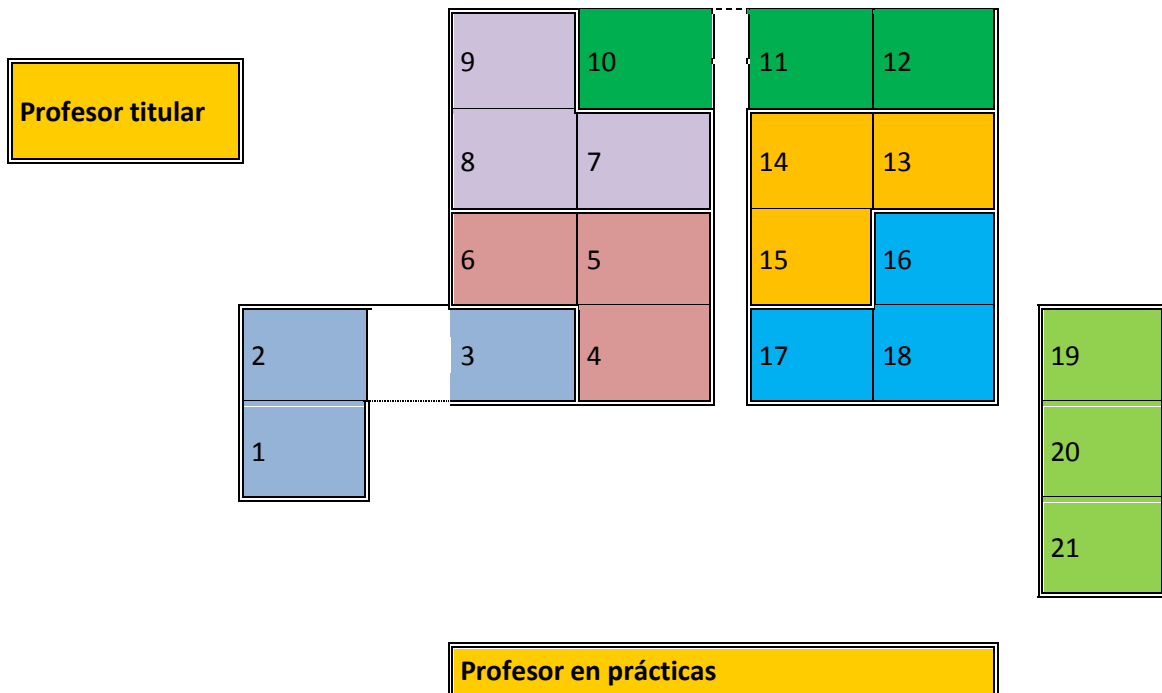


6. Juego tipo *Pasapalabra*.

<p>A Animales con el cuerpo segmentado en anillos: Anélidos</p> <p>B Clase de animales que tienen dos valvas: Bivalvos</p> <p>C Proceso por el cual 2 animales generan descendencia: Reproducción</p> <p>D Tipo de metamorfosis del que los huevos salen ninfas: Directa.</p> <p>E Lo presentan todos los artrópodos: Exoesqueleto</p> <p>F Está en la boca de las escolopendras y puede inyectar veneno: Forcípulas</p>	<p>G Clase de animales que tienen rádula: Gasterópodos</p> <p>H De donde eclosionan los animales: Huevos</p> <p>I Todos los animales que hemos estudiado lo son: Invertebrados</p> <p>L Es una clase de equinodermos que también se conocen como “pepinos de mar”: Holoturias</p> <p>M Proceso por el cual un organismo juvenil adquiere la forma adulta: Metamorfosis.</p>	<p>N Filo de gusanos cilíndricos y sin anillos: Nemátodos.</p> <p>O Filo de gusanos cilíndricos con anillos y pocas quetas o sedas: Oligoquetos.</p> <p>P Es una de las formas que pueden tener los cnidarios: Pólipo.</p> <p>Q Lo tienen los arácnidos en la boca y puede usarse para inyectar veneno: Quelíceros</p> <p>R Aparato bucal de los gasterópodos: Rádula.</p>	<p>S Se llama así a lo que separa los anillos en anélidos: septos</p> <p>T Lo tienen todos los cnidarios y es donde se encuentran los cnidocitos: Tentáculos.</p> <p>U Tipo de equinodermos formados por un disco central y 5 patas: Ofiuras.</p> <p>V Está dentro de la cavidad visceral de los moluscos: Vísceras</p>
--	--	---	---

7. Disposición de la clase.








DISPOSICIÓN DE LA CLASE







GRUPOS DE EXPERTOS

- 1,2 y 3 - Expertos en equinodermos.
- 4,5 y 6 - Expertos en artrópodos.
- 7,8 y 9 - Expertos en anélidos.
- 10, 11 y 12 - Expertos en platelmintos y nematodos.
- 13, 14 y 15 - Expertos en moluscos.
- 16, 17 y 18 - Expertos en cnidarios.
- 19, 20 y 21 - Expertos en poríferos.

8. Examen

1		Reino	
		Filo	
		Clase	
		Reproducción	
		Investigaciones de los expertos	
2		Reino	
		Filo	
		Clase	
		Reproducción	
		Investigaciones de los expertos	
3		Reino	
		Filo	
		Clase	
		Nombre común	
		Reproducción	
		Investigaciones de los expertos	
4		Reino	
		Filo	
		Nombre común	
		Reproducción	
		Investigaciones de los expertos	
5		Reino	
		Filo	
		Clase	
		Reproducción	
		Investigaciones de los expertos	
6		Reino	
		Filo	
		Clase	
		Reproducción	
		Investigaciones de los expertos	
7		Reino	
		Filo	
		Clase	
		Reproducción	

8		Reino	
		Filo	
		Clase	
		Nombre común	
		Reproducción	
		Investigaciones de los expertos	
9		Reino	
		Filo	
		Clase	
		Nombre común	
		Reproducción	
10		Reino	
		Filo	
		Clase	
		Reproducción	
11		Reino	
		Filo	
		Clase	
		Reproducción	

1 B) ¿Por qué sabemos que los animales anteriores son seres vivos?

2 - Di a que filo pertenecen los siguientes animales e indica como lo has sabido.



3 - ¿Qué es la **metamorfosis**? ¿Qué **diferencia** hay entre los **dos tipos** de metamorfosis?

4- Traduce los siguientes términos científicos del griego y latín.

Cefalópodo	
Equinodermo	
Artrópodo	
Porífero	
Bivalvo	

5- Di a qué **clase** pertenecen las siguientes **estructuras**, **donde** se encuentran y su **función**.

Estructura	Clase/filo a la que pertenece	Función	Donde está
Cnidocitos			
Pies ambulacrales			
Coanocitos			
Quelíceros			
Exosqueleto			
Forcípulas			

9. Claves de la educación finlandesa.

Las diez claves de la educación en Finlandia

- 1** Los docentes son muy valorados
El acceso a la carrera es muy exigente y la preparación es intensa. Por eso se consideran una autoridad en la sociedad.
- 2** La educación es pública y gratuita entre los 7 y los 16 años
Tampoco se paga por los libros ni por el material escolar.
- 3** El reparto del dinero público se hace de forma equitativa
Los fondos estatales se reparten en función de las necesidades de los centros.
- 4** El currículo es común, pero los centros lo adaptan
Sus profesores diseñan el currículo y se planifican para conseguir los objetivos como mejor consideren según su realidad.
- 5** La educación se personaliza
Se respeta el ritmo de aprendizaje de cada niño y se huye de las pruebas estandarizadas.
- 6** Los alumnos tienen tiempo para todo
Las jornadas lectivas son más cortas y se da importancia al juego y al descanso.
- 7** Preparar la clase es parte de la jornada laboral
Los profesores no imparten tantas horas de clase y destinan las horas restantes a preparar sus lecciones.
- 8** Se evita la competencia y las cifras
No hay exámenes hasta 5.º de Primaria y los informes que el profesor elabora para los padres son descriptivos, no numéricos.
- 9** Se premia la curiosidad y la participación
Se valora la creatividad, la experimentación y la colaboración por encima de la memorización.
- 10** Los padres se implican
Complementan la educación de sus hijos con actividades culturales, ya que las ayudas públicas les permiten conciliar la vida laboral y familiar.